

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

«На правах рукопису»
УДК 676.011

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М. Д. Гомеля

«___» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 161-Хімічні технології та інженерія

**на тему: Визначення впливу витрати крохмального клею та ступеня його
заміщення на показники міцності картону для плоских шарів гофрокартону
на Приватному акціонерному товаристві «Київський картонно-паперовий
комбінат»**

Виконав:
студент II курсу, групи ЛЦ–91мп
Назаренко Дмитро Сергійович

Керівник:
доц., к.т.н.
Плосконос В.Г.

Рецензент:

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною
програмою

Спеціальність (спеціалізація) – 161 Хімічні технології та інженерія (Хімічні
технології переробки деревини та рослинної сировини)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гомеля

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Назаренку Дмитру Сергійовичу

1. Тема дисертації: Визначення впливу витрати крохмального клею та ступеня його заміщення на показники міцності картону для плоских шарів гофрокартону на Приватному акціонерному товаристві «Київський картонно-паперовий комбінат»

науковий керівник дисертації Плосконос Віктор Григорович, доц., к.т.н.
затверджені наказом по університету від «03» листопада 2020 р. № 3207–с.

2. Термін подання студентом дисертації: « 14 » грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження: технологічні процеси виробництва картону для плоских шарів на ПрАТ "Київський КПК

4. Предмет дослідження: процеси проклеювання макулатурної маси виробництва картону для плоских шарів гофрокартону із макулатури.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: обґрунтувати інноваційні зміни в технологічному потоці; навести вимоги до сировини, допоміжних хімічних речовин та готової продукції; навести технологічну схему виробництва картону для плоских шарів гофрокартону із макулатури; виконати розрахунок матеріального балансу води та волокна, а також теплового балансу; обрати основне технологічне обладнання; навести заходи з охороги праці на виробництві; розробити стартап-проект.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: інноваційні рішення в технології виробництва картону для плоских шарів гофрокартону із

макулатури; технологічна схема; результати зведеного матеріального балансу, стартап-проект.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 3 Тези.

8. Дата видачі завдання «» жовтня 2020_р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Обґрунтування інноваційних змін, затвердження технологічної схеми	29.10 – 02.11	
2	Оформлення вимог до сировини, хімікатів та готової продукції; представлення вихідних даних та блок-схеми для розрахунку матеріального балансу води та волокна	03.11 – 10.11	
3	Розрахунок та оформлення матеріального балансу; розрахунок основного технологічного обладнання	11.11 – 18.11	
4	Розробка заходів з техніки безпеки на виробництві	19.11 – 23.11	
5	Розробка стартап-проекту. Загальне оформлення магістерської дисертації	24.11 – 08.12	

Студент

Науковий керівник дисертації

Д.С. Назаренко

В.Г. Плосконос

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 91 стор., 29 табл., 1 дод., 20 пос.

Актуальність теми: підвищення показників якості картону для плоских шарів на ПрАТ «Київський картонно–паперовий комбінат».

Мета і задачі дослідження: Мета роботи — дослідження з метою визначення оптимальної витрати крохмального клею в процесах виробництва картону для плоских шарів на ПрАТ «Київський картонно–паперовий комбінат».

Для досягнення мети було поставлено наступні задачі:

1) вивчити сучасні технологічні рішення для підвищення якості картону для плоских шарів на ПрАТ «Київський картонно–паперовий комбінат».

2) виконати дослідження з метою визначення оптимальної витрати крохмального клею в процесах виробництва картону для плоских шарів гофрокартону із макулатури;

3) розрахувати матеріальний та тепловий баланси виробництва паперу;

4) виконати розрахунок та вибір основного технологічного обладнання у відповідності з заданою продуктивністю технологічного потоку;

5) розробити заходи з охорони праці щодо шкідливих та небезпечних факторів на виробництві паперу;

6) розробити стартап–проект виробництва картону для плоских шарів гофрокартону.

Об’єкт дослідження: технологічні процеси виробництва картону для плоских шарів на ПрАТ "Київський КПК.

Предмет дослідження: процеси проклеювання макулатурної маси у виробництві картону для плоских шарів гофрокартону.

Методи дослідження: теоретичні методи дослідження властивостей, основного технологічного обладнання та технологій виробництва картону для плоских шарів гофрокартону, математичні методи для проведення технологічних розрахунків матеріального та теплового балансів виробництва паперу.

Практичне значення одержаних результатів: результати магістерської дисертації можуть бути впроваджені на підприємствах паперової галузі промисловості для покращення техніко–економічних показників виробництва та якості продукції.

Досліджено властивості паперу, технологічні характеристики обладнання та технології виготовлення виробництва картону для плоских шарів гофрокартону.

Наведено показники якості сировини, хімікатів та готової продукції. Розроблено технологічну схему виробництва картону для плоских шарів гофрокартону.

Розраховано матеріальний баланс води та волокна, а також тепловий баланс контактного-конвективного способу сушіння паперу.

Проведено розрахунок та вибір основного обладнання у відповідності до продуктивності технологічного потоку.

Розглянуто основні шкідливі фактори, які впливають на безпеку працівників цеху з виробництва паперу.

Апробація результатів дисертації: положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на XVII міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (21-22 травня 2020 р. м. Київ), на XXVI Всеукраїнської наук.-практ.конф. студ.,аспір. і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" (21-22 травня 2020 р. м. Київ) та на XXI наук.-практ.конф. "Екологія. Людина. Суспільство" (21-22 травня 2020 р. м. Київ).

Публікації: за результатами дисертаційної роботи опубліковано 3 тези доповідей на міжнародних та Всеукраїнських конференціях.

МАКУЛАТУРА, РОЗПУСК, ПРОКЛЕЮВАННЯ, ОЧИЩЕННЯ, ЗГУЩЕННЯ, ПАПЕРОРІЗНА МАШИНА, СУШІННЯ, НАКАТ, КАРТОН ДЛЯ ПЛОСКИХ ШАРІВ ГОФРОКАРТОНУ

ABSTRACT

Master's thesis: 91p., 29 Table., 1Appendix, 20 pos.

Relevance of the topic: improving the quality of cardboard for flat layers at PJSC "Kyiv Cardboard and Paper Mill".

Purpose and objectives of the study: The purpose of the work - a study to determine the optimal consumption of starch glue in the production of cardboard for flat ply PJSC "Kyiv Cardboard and Paper Mill".

To achieve this goal, the following tasks were set:

- 1) to study modern technological solutions to improve the quality of cardboard for flat layers at PJSC "Kyiv Cardboard and Paper Mill".
- 2) perform research to determine the optimal consumption of starch glue in the production of cardboard for flat layers of corrugated cardboard from waste paper;
- 3) calculate the material and thermal balances of paper production;
- 4) perform the calculation and selection of the main technological equipment in accordance with the specified productivity of the technological flow;
- 5) develop measures for labor protection against harmful and dangerous factors in paper production;
- 6) to develop a startup project of cardboard production for flat layers of corrugated cardboard.

Object of research: technological processes of cardboard production for flat layers at PJSC "Kyiv PDA".

Subject of research: processes of sizing of waste paper in the production of cardboard for flat layers of corrugated cardboard.

Research methods: theoretical methods of research of properties, basic technological equipment and technologies of cardboard production for flat layers of corrugated cardboard, mathematical methods for technological calculations of material and thermal balances of paper production.

Practical significance of the obtained results: the results of the master's dissertation can be implemented in the enterprises of the paper industry to improve the technical and economic indicators of production and product quality.

The properties of paper, technological characteristics of equipment and technologies of cardboard production for flat layers of corrugated cardboard are investigated.

Indicators of quality of raw materials, chemicals and finished products are given. The technological scheme of cardboard production for flat layers of corrugated cardboard is developed.

The material balance of water and fiber, as well as the thermal balance of the contact-convective method of paper drying are calculated.

The calculation and selection of the main equipment in accordance with the productivity of the technological flow.

The main harmful factors that affect the safety of employees of the paper shop are considered.

Approbation of dissertation results: the provisions of the dissertation were reported and discussed at the XVII International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Resource and Energy Saving Technologies and Equipment" (May 21-22, 2020, Kyiv), at the XXVI All-Ukrainian Scientific Practice. conf. stud., aspir. and young scientists "Equipment of chemical industries and enterprises of building materials" (May 21-22, 2020, Kyiv) and at the XXI scientific-practical conference. "Ecology. Man. Society" "(May 21-22, 2020, Kyiv).

Publications: based on the results of the dissertation, 3 abstracts were published at international and All-Ukrainian conferences.

**WASTEWOOD, DISSOLUTION, SEALING, CLEANING,
THICKENING, PAPER MACHINE, DRYING, ROLLING, CARDBOARD FOR
FLAT LAYERS OF CORRUGATED CARDBOARD**

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	9
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	11
1 ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВИТРАТИ КРОХМАЛЬНОГО КЛЕЮ ТА СТУПЕНЯ ЙОГО ЗАМІЩЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ МІЦНОСТІ КАРТОНУ ДЛЯ ПЛОСКИХ ШАРІВ ГОФРОКАРТОНУ НА ПРАТ "КИЇВСЬКИЙ КПК.....	12
1.1 Особливості використання допоміжних хімічних речовин у виробництві продукції із макулатури	12
1.2 Експериментальні дослідження для визначення оптимальної витрати крохмального клею та його ступеня заміщення на показники міцності картону для плоских шарів	16
1.3 Експериментальні дослідження для визначення оптимальної витрати крохмального клею та його ступеня заміщення на показники міцності картону для плоских шарів	21
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	28
2.1 Вимоги до сировини та готової продукції.....	28
2.2 Технологічна схема виробництва паперу основи для серветок та її опис..	40
2.3 Матеріальний баланс виробництва продукції.....	48
2.4 Вибір та розрахунок основного технологічного обладнання	64
2.5 Розрахунок теплового балансу	74
3 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ.....	77
4 СТАРТАП-ПРОЕКТ.....	82
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90
ДОДАТОК	92

ВСТУП

На сучасному рівні виробництва та споживання картонно-паперової продукції найбільш динамічно розвивається таропакувальний макулатурний асортимент з високими показниками міцності і жорсткості для транспортування і зберігання харчової, сільськогосподарської та промислової продукції.

Одним з конструкційних елементів гофрованої тари є картон для плоских шарів гофрованого картону, який повинен бути наділений високими показниками механічної міцності і жорсткості зі збереженням або приростом їх після термопластифікації в гофрувального вузлі гофроагрегата. Основною сировиною для виробництва картону для плоских шарів є макулатура.

Серед таропакувальних видів картонів виділяють дві основні групи. До першої із них відносять картон для плоских шарів та папір для гофрування: вихідні матеріали для виробництва гофрованого картону.

Картон для плоских шарів складається з двох або більше шарів і поділяється на окремі групи в залежності від виду використовуваних в процесі його виробництва напівфабрикатів і білості зовнішнього шару. Виділяють картон природного коричневого кольору з використанням в композиції тільки первинних напівфабрикатів – сульфатної невибіленої целюлози і напівцелюлози або з використанням вторинної макулатурної сировини. Причому в останньому випадку застосовують переважно макулатуру з відпрацьованої картонної тари.

Аналіз темпів розвитку виробництва картону для плоских шарів показує, що структурні зрушення у процесах виробництва відбуваються за рахунок різкого зростання попиту на споживання картонної та паперової тари. Про це свідчать і дані виробництва тари в розвинених країнах.

Одним з найбільших виробників картонів макулатурних в Україні є Київський картонно-паперовий комбінат. У загальному випуску целюлозно-паперової продукції в Україні частка комбінату становить близько 30 %.

Основною волокнистою сировиною целюлозно-паперової промисловості України для виробництва паперово-картонної продукції є макулатура різних марок. Загальні обсяги заготовільних ресурсів макулатури в Україні складають

понад 800 тис.т. на рік, а виробляється паперу і картону понад 950 тис.т. на рік.

Макулатура використовується багатократно, що обумовлює значну втрату механічної міцності волокна і, отже, продукції, що виробляється з неї. Для виробництва картону для плоских шарів гофрованого картону необхідно домагатися максимально можливого відновлення паперотворних властивостей макулатурного волокна і, в першу чергу, його фізико-механічних показників. Для цього існує цілий ряд технічних і технологічних можливостей. Підвищення механічної міцності можливо за рахунок збільшення числа зв'язків між волокнами. А їх число безпосередньо пов'язане з добавками в масу речовин, що зв'язують, активно взаємодіють з волокном і утворюють додаткові зв'язки.

Аналіз літературних даних [2,22] та досвіду виробництва показує, що добавки в масу речовин, що зв'язують, найбільш економічно вигідно і ефективно вирішують проблеми щодо підвищення міцності і жорсткості картону. Найпоширенішим хімікатом для підвищення міцності паперу і картону до теперішнього часу залишається широкий спектр крахмалопродуктів.

Саме тому, інноваційною складовою магістерської дисертації є дослідження з метою визначення оптимальної витрати крохмального клею та його ступеня модифікації та їх вплив на показники якості картону [19,22].

Дана магістерська дисертація розроблена з урахуванням сьогоденних тенденцій у галузі, які спрямовані на зменшення собівартості та підвищення якості вироблюваної продукції. Ці заходи будуть здатні підвищити конкурентоздатність вироблюваної продукції [19].

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

НД – нормативна документація

НТД – нормативно-технічна документація

ПРМ – папероробна машина

КРЦ – картонноробний цех

ТУ – технічні умови

ЦПП – целюлозно-паперова промисловість

РПВ – розмельно-підготовчий відділ

ПРВ – повздовжньо-різальний верстат

КПЗ – картонно-паперовий завод

ГРВ – гідророзбивач вертикальний

1. ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВИТРАТИ КРОХМАЛЬНОГО КЛЕЮ ТА СТУПЕНЯ ЙОГО ЗАМІЩЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ МІЦНОСТІ КАРТОНУ ДЛЯ ПЛОСКИХ ШАРІВ ГОФРОКАРТОНУ НА ПРАТ "КИЇВСЬКИЙ КПК

Для підвищення комплексу показників міцності картону для плоских шарів гофрокартону можуть бути запропоновані інноваційні рішення, впровадження яких дадуть можливість досягнути удосконалення процесів виробництва на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат».

1.1 Особливості використання допоміжних хімічних речовин у виробництві продукції із макулатури

Важливою проблемою, яка на сьогоднішній день стоїть перед технологами, є пошук способів відновлення паперотворних властивостей вторинних волокон. Однією із можливостей удосконалити технологічні процеси виробництва паперу і картону - це застосування різних хімічних добавок у вигляді допоміжних хімічних речовин (ДХР) [22].

Всі добавки, які нині використовуються [22], можна розділити на наступні основні групи - добавки для проклеювання, добавки для наповнення, добавки для оброблення осадів і очищення стічних вод.

Добавки для проклеювання використовуються з метою надання паперу та картону гідрофобних властивостей, а також поліпшення ряду інших характеристик. Використовують переважно три групи таких добавок:

- добавки для надання паперу та картону гідрофобності (каніфоль і різні її модифікації, парафін, стеарати, віск, силікони і ін.);
- добавки для посилення гідрофобності і одночасного збільшення міцності паперу та картону (тваринний клей, крохмаль, казеїн, латекси, карбокси-метилцелюлоза (КМЦ) і ін.);
- добавки для забезпечення вологостійкості паперу та картону (водамін, карбамідо- і меламіно-формальдегідні смоли).

Добавки для наповнення використовуються для підвищення білості паперу, його непрозорості і зниження шорсткості, підвищення щільності і м'якості, поліпшення інших характеристик. Як наповнювачі найчастіше використовують каолін, тальк, крейду, сульфат барію, діоксид титану, різні синтетичні

алюмосилікати і пігменти. Зазвичай, наповнювачі використовують у виробництві паперу. У виробництві картону наповнювачі використовують дуже рідко, до того ж лише в поверхневому шарі. Кількість наповнювача визначає зольність паперу. За зольністю всі види паперу поділяються на 5 груп:

- без наповнювачів (природна зольність);
- малозольні (із зольністю до 6 %);
- середньозольні (із зольністю 6...18 %);
- підвищеної зольності (із зольністю 18...23 %);
- високозольні (із зольністю більше 23 %).

Максимальний вміст наповнювача в папері зазвичай не перевищує 25...30 %, хоча в деяких випадках може досягати 45 % і більше.

Добавки під час оброблення осадів і очищення стічних вод використовують у вигляді коагулянтів, флокулянтів та сорбентів для кращого утримування маси на сітці, інтенсифікації процесів прояснення стічних вод і оброблення осадів, що утворюються.

Як зміцнювальні агенти для паперу та картону крохмалі є безумовними лідерами у світовій практиці целюлозно-паперового виробництва. Їхня роль особливо зростає в умовах дефіциту високоякісного целюлозного волокна[9].

Екологічні переваги використання крохмалю, як зміцнювального засобу, пов'язані з його природним характером. Однак крохмалі можуть бути і джерелом додаткового забруднення стічних вод у разі низького їх утримання в папері та картоні. Під час перероблення макулатури, яка містить у своїй композиції крохмаль, ситуація погіршується. Крохмаль становить за обсягом використання саму велику групу матеріалів після напівфабрикатів і наповнювачів (табл.1.1).

Таблиця 1.1- Витрата крохмалю у виробництві паперу та картону

Країна	Виробництво паперу та картону, т/рік	Витрата крохмалю, т/рік	Вміст крохмалю у папері та картоні, %
США	56 764 000	850 000	1,5
Європа	443 678 000	650 000	1,5
ФРН	7 498 000	120 000	1,6
Франція	5 152 000	120 000	2,3
Англія	3 793 000	83 000	2,2
Фінляндія	5 920 000	50 000	0,8

Крохмаль не є однорідною речовиною, тому що складається із двох полісахаридів: амілози і амілопектину. Амілоза, яка надає синього забарвлення крохмалю під час дії на нього йодом, легко агрегується у розчині, внаслідок чого випадає осад. Амілопектин, який майже не реагує з йодом, спричиняє утворення гелів крохмалю. Більшість видів крохмалю містить 15...20 % амілози. Є також крохмалі восковидних сортів пшениці, рису і ячменю, які є чистим амілопектином[9].

Диспергований у холодній воді невидозмінений крохмаль швидко осідає через погану розчинність. Крохмальна дисперсія в холодній воді не має зв'язувальної сили. Липкість крохмалю тісно пов'язана з температурою желатинування, що є параметром, який залежить від рослини, з якої отримали крохмаль.

Коли крохмальна суспензія розігрівається вище температури желатинування, то окремі крохмальні зерна починають набухати, внаслідок чого утворюється колоїдний золь або крохмальна паста із клейкими і зв'язувальними властивостями.

Зі зниженням температури і збільшенням часу зберігання збільшується в'язкість крохмальної суспензії, спостерігається загустіння, назване ретроградацією. Ретроградації можна запобігти за допомогою хімічної модифікації.

Застосування природного крохмалю як зміцнювального агента утруднено внаслідок підвищеної в'язкості його розчину і схильності до ретроградації. Тому на практиці переважно використовують модифіковані крохмалі (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Види оброблення і властивості модифікованого крохмалю

Крохмаль	Вид оброблення	Основні властивості
Декстрин білий палевий	3 години у присутності мінеральних кислот, температура 25...155 °C	Низька в'язкість
Камеді	5...6 годин температура 180...190°C	Дуже низька в'язкість
Окиснений	1...2 % NaClO температура 35 °C	Дає еластичну плівку
Ацетильований	Обробляється ангідридом оцтової кислоти	Високий опір розриву
Диальдегідний	Окиснювання солями періодатної кислоти	Надає вологостійкість
Етильований (етерний)	Обробляється етиленхлоргідрином	Чудове зв'язувальне для суспензії низької концентрації

Під час модифікації відбувається гідроліз (розрив) глюкозидних зв'язків, внаслідок чого знижується молекулярна маса полісахаридів крохмалю і зменшується в'язкість його дисперсії [10].

Модифіковані крохмалі варять у баках періодичної дії із прямим паровим обігрівом або в парових баках неперервної дії, що працюють під тиском, із вмістом сухої речовини на 30...50 % більше робочої концентрації. Оптимальним режимом для більшості видів крохмалів є варіння у баках періодичної дії за температури 95...100 °С, термін варіння 10...20 хв, а у баках неперервної дії варіння ведеться за температури 120...140 °С, термін варіння – 30...45 с [14].

Високов'язкі види крохмалю використовуються за концентрації 4...8 %, а низьков'язкі – 6...15 %.

Модифікований крохмаль одержують шляхом взаємодії крохмалю з алкенілянтарним ангідридом, переважно 1-октенілсукцинатом. Ступінь заміщення модифікованого крохмалю повинна бути в межах 0,005...0,1. Співвідношення модифікованого і катіонного крохмалю можна змінювати в межах 30/70...80/20. Як катіонні крохмалі використовують третаміноалкілові етери крохмалів, які одержують взаємодією крохмалю з диалкіламіноалкілгалоїдами в лужному середовищі. Властивості паперів, які одержують, значно поліпшуються у разі додавання в композицію 0,5...5,0 % (від маси крохмалю) солі алюмінію. Це можуть бути тригалогеніди алюмінію, галуни, ацетат. Суміш крохмалів наносять на папір у кількості 1,5...15 % від маси сухого паперу [13].

Крохмаль крім зміцнювальних, має ще і флокулювальні властивості, це дозволяє краще утримувати дрібні волокна і наповнювачі в паперовій масі. Поряд із збільшенням механічної міцності катіонний полікомплекс крохмалю дозволяє підвищувати стійкість до вищипування.

Крім згаданих вище модифікацій крохмалю, використовують крохмалофосфати. Моноетери крохмалів і фосфатів одержують, нагріванням сухої суміші крохмалю та водорозчинної фосфатної солі.

Готовий монофосфатний крохмаль використовують для надання однорідності паперовій масі під час перемішування, для одержання паперу з

низькою проникністю типографських фарб, гладкою поверхнею, високою еластичністю і з підвищеною міцністю на розрив.

Катіонні крохмалі є, можливо, найбільш своєрідним класом похідних крохмалю, які нещодавно набули значного поширення. Їхнє широке промислове використання пояснюється їхньою спорідненістю до негативно заряджених субстратів, таких як целюлоза і деякі синтетичні волокна, водних суспензій мінералів, слизу і біологічно-активних макромолекул[9].

Катіонні крохмалі використовуються як внутрішньо-масні зв'язувальні речовини у паперовій промисловості. Механізм, за якого катіонні крохмалі забезпечують зв'язування волокон між собою, повністю не вивчений, але можна припустити, що у разі використання катіонних крохмалів, внаслідок притягування іонів спостерігається тісніший контакт між поверхнею фібрильних ниток і гідроксилом крохмалю, а це збільшує кількість утворених водневих зв'язків, які сприяють поліпшенню міцності[14].

1.2 Експериментальні дослідження для визначення оптимальної витрати крохмального клею та його ступеня заміщення на показники міцності картону для плоских шарів

З метою визначення оптимальної витрати крохмального клею та його ступеня заміщення на показники міцності картону для плоских шарів гофрокартону в лабораторних умовах кафедри Е та ТРП ІХФ проведено експериментальні дослідження [20, 27-29].

Значення факторів та діапазони їх варіювань у відповідності з якими розроблено матрицю експериментальних досліджень за використання принципів методу групового урахування експерименту (МГУА) [20], наведено табл.1.3.

Таблиця 1.3 - Найменування факторів та діапазони їх значень

Діапазон варіювання факторів	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
	Градус млива, °ШР	Вид проклеювання	Ступінь заміщення клею	Витрата клею, %	Точка введення клею
Нижній	45	0	0,000	0,8	Після розмел (1)
Верхній	70	1	0,053	1,8	Під час відлив.(2)

Використання методу дає можливість факторам змінюватися на 4-х експериментальних рівнях. Такий підхід забезпечує в процесі розроблення математичних моделей брати до уваги моделі будь-якої складності [20. 24, 26].

Серію експериментів проведено у відповідності з матрицею експериментальних досліджень, що наведена в табл. 1.4.

Для проклеювання паперової маси використовується приготовлений загальноприйнятим способом крохмальний клей за концентрації 3 %.

Відливки зразків виготовляються з витратою приготовленого модифікованого крохмального клею, а саме: 0,8-1,05-1,55-1,8% та різним ступенем модифікації (0,037-0,045-0,053) з додаванням клею в процесі розмелювання (точка 1), або під час відливання (точка 2).

Виготовлені відливки піддавалися випробуванням в лабораторії кафедри Е та ТПР та Випробувального Центру «Інституту паперу». Результати експериментальних досліджень зведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Матриця експерименту та результати експериментальних досліджень

Номер досліджу	Фактори						Значення параметра оптимізації				
	X ₁ градус млива	X ₂ Вид прокл.	X ₃ Ст.зам. клею	X ₄ Витр. клею	X ₅ Точка введ.	X ₆ [*] Сер. маса	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
1	56	0	0	0	0	103,1	148,36	250,65	3,90	1,25	222
2	60	1	0,037	1,55	1	119,9	214,77	367,88	5,32	1,86	121
3	39	1	0,045	0,8	1	126,9	192,50	302,39	4,93	2,08	191
4	46	1	0,045	1,55	1	137,9	226,49	323,24	5,40	1,97	-
5	67	1	0,037	1,3	2	129,4	257,35	406,13	6,15	1,85	185
6	60	1	0,045	1,05	2	111,9	167,50	344,58	5,02	1,53	185
7	45	0	0	0	0	121,5	196,80	259,23	4,02	1,21	227
8	60	1	0,053	1,8	1	105,9	174,92	323,98	4,75	1,59	158
9	46	1	0,045	0,8	2	119,5	151,09	283,75	4,42	1,19	135
10	67	1	0,053	1,55	1	-	-	-	-	-	-
11	42	1	0,053	1,05	2	111,2	164,38	260,70	4,58	1,58	128
12	67	1	0,045	1,05	2	105,0	158,91	297,24	5,35	1,49	143
13	39	1	0,045	1,3	2	105,1	149,92	263,89	3,13	1,07	188
14	50	1	0,053	0,8	1	115,3	185,08	302,15	5,13	1,62	183
15	50	1	0,037	1,8	2	116,0	194,07	349,24	5,33	2,25	190
16	52	0	0	0	0	117,1	176,88	314,41	4,85	1,61	222
17	45	1	0,037	1,8	1	120,4	196,02	294,05	4,33	1,69	178
18	60	0	0	0	0	114,5	191,33	336,48	4,90	1,49	194
19	42	1	0,037	1,55	2	110,5	160,86	301,66	4,45	1,12	-
20	39	0	0	0	0	116,9	178,44	321,52	4,85	1,48	239
21	46	1	0,053	1,55	1	104,1	169,06	307,05	4,73	1,19	142

* - фактор X₆- маса 1 м² (врахування змінної маси відливка)

Математичні залежності для визначення оптимального градуса млива та його впливу на фізико-механічні показники паперу розроблено у відповідності з результатами експериментальних досліджень [24].

Математична модель за своїм призначенням, у відповідності з теоретичними передпосилками, повинна з максимальним ступенем істинності відображати механізми процесів, що вивчаються [20]. Саме тому розроблення та подальше дослідження математичних моделей – це цілеспрямоване використання інформації з метою надати можливість експериментатору прослідкувати та вивчити закономірності змінювання досліджуваних властивостей отриманого матеріалу в залежності від значень, які будуть надані вхідним факторам [20].

а) математична модель за показником опору плоскостному стисненню, Н

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_1 = 97,67 + 1,22 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_6^3 - 0,20 \cdot X_1 \cdot \cos(X_4) \cdot X_5 + 1,79 \cdot 10^{-6} \cdot \operatorname{tg}(X_1) \cdot X_6 - 7,58 \cdot \operatorname{tg}^3(X_3) \cdot \cos(X_6) - 7,65 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot \cos(X_2) \quad (1.1)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,05%.

Аналіз математичного виразу (1.1) дозволяє також зробити висновок, що математична модель за показником опору плоскостному стисненню логічна. Так, наприклад, підвищення градуса млива (X_1) призводить до зростання показника опору плоскостному стисненню (Y_1). Що стосується фактора X_5 , то його вплив на даний показник оцінюється негативно, а саме: підвищення значення фактора (з 1 до 2) сприяє зменшенню даного показника. Значний позитивний вплив на показник плоскостного стиснення (Y_1) має фактор маси 1 м² зразка (X_6), але з метою визначення реального впливу кожного із досліджуваних факторів це значення фактора буде зафіксоване на оптимальному рівні.

б) математична модель за показником абсолютного опору продавлюванню, кПа [27,29].

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_2 = 240,86 + 2,4 \cdot 10^{-6} \cdot X_1^2 \cdot X_6^2 + 7,95 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_2) \cdot \cos(X_5) \cdot \cos(X_6) \cdot \sin(X_6) - 1,10 \cdot 10^{-2} \cdot \cos(X_4) \cdot X_1^2 + 1,18 \cdot 10^1 \cdot X_4^2 \cdot \cos(X_4) \cdot \operatorname{tg}(X_5) - 1,17 \cdot \operatorname{tg}(X_1) \cdot \sin(X_6) \cdot \cos(X_2) \quad (1.2)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 6,15%.

Аналіз математичного виразу (1.2) дозволяє також зробити висновок, що математична модель за показником абсолютного опору продавлюванню логічна. Так, наприклад, підвищення градуса млива (X_1) призводить до зростання показника абсолютного опору продавлюванню (Y_2). Сприяє також зростанню показника абсолютного опору продавлюванню ефект взаємодії таких факторів, як наявність проклеївки модифікованим клеєм (X_2) і точка введення клею (X_5). Що стосується окремо фактора X_5 , то його вплив на даний показник оцінюється позитивно, а саме: підвищення значення фактора (з 1 до 2) сприяє збільшенню даного показника. Значний позитивний вплив на показник абсолютного опору продавлюванню (Y_2) має фактор маси 1 м² зразка (X_6), але з метою визначення реального впливу кожного із досліджуваних факторів це значення фактора буде зафіксоване на оптимальному рівні.

в) математична модель за показником питомого опору розриванню в машинному напрямку [27,29], кН\м

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_3 = 2,55 + 3,02 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_6^2 + 3,0 \cdot 10^{-2} \cdot \sin(X_1) \cdot \operatorname{tg}^2(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_5) - \\ - 1,07 \cdot \cos(X_5) \cdot \cos^2(X_6) \cdot \sin(X_6) + 7,75 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 \cdot \cos^2(X_1) \cdot \sin(X_5) - \\ - 1,68 \cdot 10^1 \cdot X_3 \cdot \sin^2(X_6) \cdot \cos(X_6) \quad (1.3)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 4,36 %.

Аналіз математичного виразу (1.3) дозволяє також зробити висновок, що математична модель за показником питомого опору розриванню в машинному напрямку логічна. Так, наприклад, підвищення градуса млива (X_1) в поєднанні з масою 1 м² зразка (X_6) призводить до підвищення показника питомого опору розриванню в машинному напрямку (Y_3). Сприяє також зростанню показника питомого опору розриванню в машинному напрямку ефект взаємодії таких факторів, як градус млива (X_1) та точка введення клею (X_5). Що стосується окремо фактора X_5 , то його вплив на даний показник оцінюється як позитивно так і негативно. Все залежить від умов, в яких відбувається експеримент. Найбільш ймовірною є ситуація, коли підвищення значення фактора (з 1 до 2) сприяє зменшенню даного показника.

г) математична модель за показником опору торцевому стисненню [27,29], кН\м

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_4 = -1,37 + 2,63 \cdot 10^{-2} \cdot X_6 - 3,1 \cdot 10^{-1} \cdot \cos(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_5) \cdot \cos^2(X_6) + 6,22 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(X_1) \cdot X_2 - 1,74 \cdot \sin^2(X_1) \cdot \cos^2(X_1) - 6,85 \cdot \sin(X_1) \cdot \cos^2(X_1) \cdot \cos(X_4) \quad (1.4)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 8,78 %.

Аналіз математичного виразу (1.4) дозволяє також зробити висновок, що математична модель за показником опору торцевому стисненню логічна. Зростанню значення показника опору торцевому стисненню сприяють ефекти взаємодії таких факторів, як градус млива (X_1) та наявність проклеювання (X_2). Що стосується фактора X_5 , то його вплив на даний показник оцінюється негативно, а саме: підвищення значення фактора (з 1 до 2) сприяє зменшенню даного показника. Значний позитивний вплив на показник опору торцевому стисненню (Y_4) має фактор маси 1 м² зразка (X_6), але з метою визначення реального впливу кожного із досліджуваних факторів це значення фактора буде зафіксоване на оптимальному рівні.

д) математична модель за показником поверхневої вбирності води Кобб₃₀ [27,29], г

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_5 = 133,42 + 6,11 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_4) \cdot \cos(X_5) \cdot X_6 + 2,82 \cdot \cos(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_4) \cdot X_3 \cdot \operatorname{tg}(X_6) + 3,42 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot X_4 \cdot X_6^2 - 3,25 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_4) \cdot \cos^2(X_5) \cdot \cos(X_6) + 1,69 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot \sin(X_4) \cdot X_6^2 \quad (1.5)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 2,25 %.

Аналіз математичного виразу (1.5) дозволяє також зробити висновок, що математична модель за показником поверхневої вбирності води Кобб₃₀ логічна. Зростанню значення показника поверхневої вбирності води Кобб₃₀ сприяють ефекти взаємодії таких факторів, як градус млива (X_1), ступінь заміщення модифікованого клею (X_3), витрата клею (X_4) та точка введення клею (X_5). Що стосується окремо фактора X_5 , то його вплив на даний показник оцінюється як позитивно так і негативно. Все залежить від умов, в яких відбувається експеримент. Найбільш ймовірною є ситуація, коли підвищення значення

фактора (з 1 до 2) сприяє зменшенню даного показника. Значний вплив на показник поверхневої вбирності води $K_{обб_{30}}$ (Y_5) має такий фактор, як маса 1 м² зразка (X_6), але з метою визначення реального впливу кожного із досліджуваних факторів це значення фактора буде зафіксоване на оптимальному рівні.

1.3 Визначення оптимальної витрати крохмального клею та його ступеня заміщення

На даному етапі роботи була поставлена задача визначитися з оптимальними витратами крохмального клею та його ступеня заміщення, за значення яких можливо досягти оптимальних значень міцнісних характеристик зразків картону [27,29].

Разом з тим, в ході проведення експериментальних досліджень масу 1 м² зразків паперу було прийнято рішення зафіксувати X_6 на оптимальному рівні у відповідності технологічними вимогами виготовлення картону для плоских шарів гофрокартону.

На наступному етапі на базі розроблених математичних залежностей (1.1-1.5) були проведені експериментальні дослідження, мета яких – визначитися з показниками витрати крохмального клею та ступеня заміщення клею, за яких можливо досягти оптимальних значень міцнісних характеристик зразків картону за оптимального значення маси 125 г. та за умови введення клею на стадії розмелювання маси [26, 27,29].

В даному випадку – це дослідження за використання математичних моделей (1.1-1.5) для дослідження впливу ступеня заміщення крохмального клею та його витрати на показники міцності паперового полотна за умови введення клею в процесі розмелювання [27,29]. Результати цих досліджень надано в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 — Фізико-механічні показники зразків паперу в залежності від витрати та ступеня заміщення клею та за умови введення клею в процесі розмелювання

Найменування показників	Градус млива, °ШР	Без проклеювання	Ступінь заміщення , %			
			0,0 (немодифікований)	0,037	0,045	0,053
1	2	3	4	5	6	7
Витрата клею – 0,8%						
Опір плоскостному стисненню, Н	45	195	201	201	201	201
	50	196	204	204	204	204
	55	238	249	249	249	249
	60	213	225	225	225	225
	65	213	227	227	227	227
	70	229	245	245	245	245
Абсолютний опір продавлюванню,кПа	45	282	306	306	306	306
	50	286	312	312	312	312
	55	347	376	376	376	376
	60	318	348	348	348	348
	65	327	359	359	359	359
	70	357	391	391	391	391
Опір торцевому стисненню, кН\м	45	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
	50	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
	55	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6
	60	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
	65	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4
	70	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
Витрата клею – 1,05%						
Опір плоскостному стисненню, Н	45	-	202	202	207	202
	50	-	206	206	211	206
	55	-	251	251	257	251
	60	-	227	227	233	227
	65	-	230	230	236	230
	70	-	248	248	254	248
Абсолютний опір продавлюванню,кПа	45	-	312	312	314	312
	50	-	319	319	323	319
	55	-	386	386	394	386
	60	-	358	358	367	358
	65	-	370	370	383	370
	70	-	404	404	420	404
Опір торцевому стисненню, кН\м	45	-	1,2	1,2	1,2	1,2
	50	-	1,6	1,6	1,6	1,6
	55	-	1,6	1,6	1,6	1,6
	60	-	2,2	2,2	2,2	2,2
	65	-	1,4	1,4	1,4	1,4
	70	-	1,0	1,0	1,0	1,0
Витрата клею – 1,55%						
Опір плоскостному стисненню, Н	45	-	207	207	207	207
	50	-	211	211	211	211
	55	-	257	257	257	257
	60	-	233	233	233	233

Закінчення табл. 1.5

1	2	3	4	5	6	7
	65	-	236	236	236	236
	70	-	254	254	254	254
Абсолютний опір продавлюванню, кПа	45	-	314	314	314	314
	50	-	323	323	323	323
	55	-	394	394	394	394
	60	-	367	367	367	367
	65	-	383	383	383	383
	70	-	420	420	420	420
Опір торцевому стисненню, кН\м	45	-	1,3	1,3	1,3	1,3
	50	-	1,6	1,6	1,6	1,6
	55	-	1,6	1,6	1,6	1,6
	60	-	2,1	2,1	2,1	2,1
	65	-	1,5	1,5	1,5	1,5
	70	-	1,1	1,1	1,1	1,1
Витрата клею – 1,8%						
Опір плоскостному стисненню, Н	45	-	209	209	209	209
	50	-	213	213	213	213
	55	-	260	260	260	260
	60	-	236	236	236	236
	65	-	239	239	239	239
	70	-	258	258	258	258
Абсолютний опір продавлюванню, кПа	45	-	305	305	305	305
	50	-	316	316	316	316
	55	-	389	389	389	389
	60	-	363	363	363	363
	65	-	380	380	380	380
	70	-	419	419	419	419
Опір торцевому стисненню, кН\м	45	-	1,3	1,3	1,3	1,3
	50	-	1,5	1,5	1,5	1,5
	55	-	1,6	1,6	1,6	1,6
	60	-	2,1	2,1	2,1	2,1
	65	-	1,5	1,5	1,5	1,5
	70	-	1,2	1,2	1,2	1,2

Базуючись на отриманих результатах досліджень (табл. 1.5), можливо побудувати графічні залежності та прослідкувати, наприклад, вплив ступеня заміщення крохмального клею та його дози на показники міцності паперового полотна за різного градуса млива маси за умови введення клею в процесі розмелювання [27,29].

На рис. 1-4 наведені діаграми, які відображають вплив ступеня заміщення та витрати модифікованого клею на показники міцності (за оптимального градуса млива 55 °ШР), а саме: опір плоскостному стисненню, абсолютний опір продавлюванню, питомий опір розриванню в машинному напрямку та опір торцевому стисненню [22, 27,29].

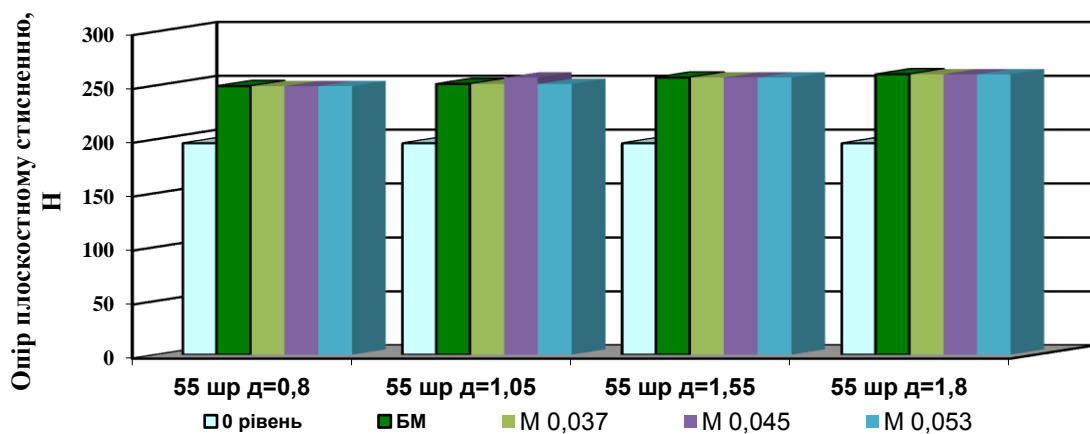


Рисунок 1 Вплив ступеня заміщення та витрати клею на показник опору плоскостному стисненню (за 55⁰ШР)

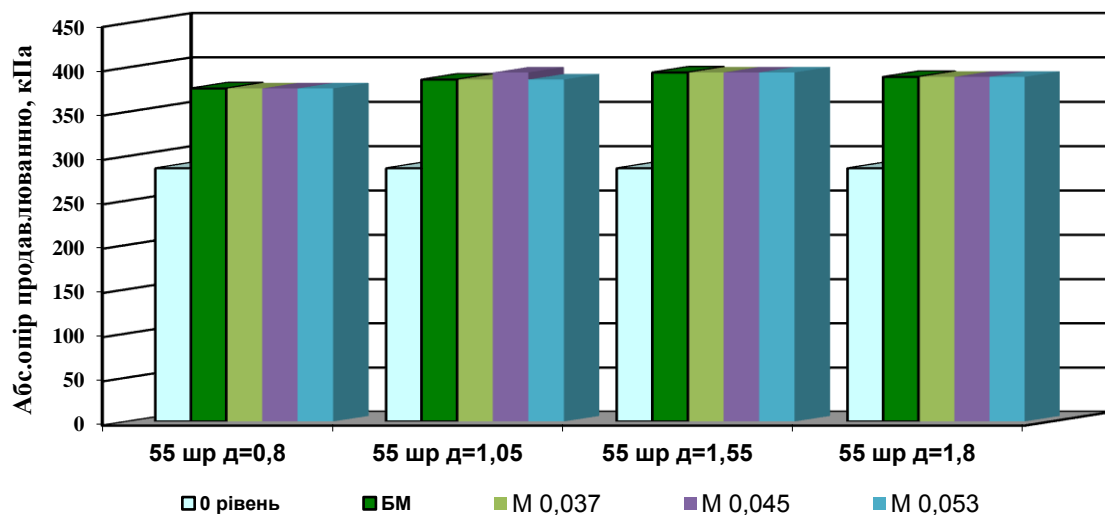


Рисунок 2 Вплив ступеня заміщення та витрати клею на показник абсолютного опору продавлюванню (за 55⁰ШР)

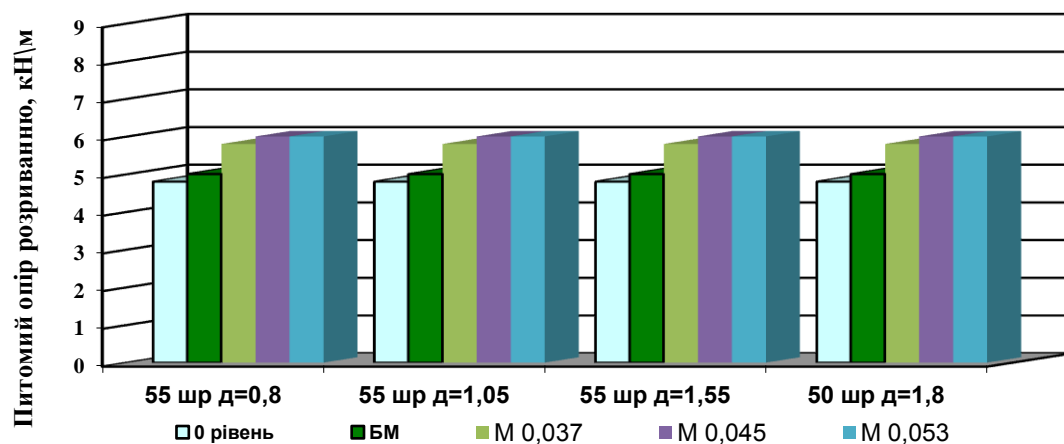


Рисунок 3 Вплив ступеня заміщення та витрати клею на показник питомого опору розриванню в машинному напрямку (за 55⁰ШР)

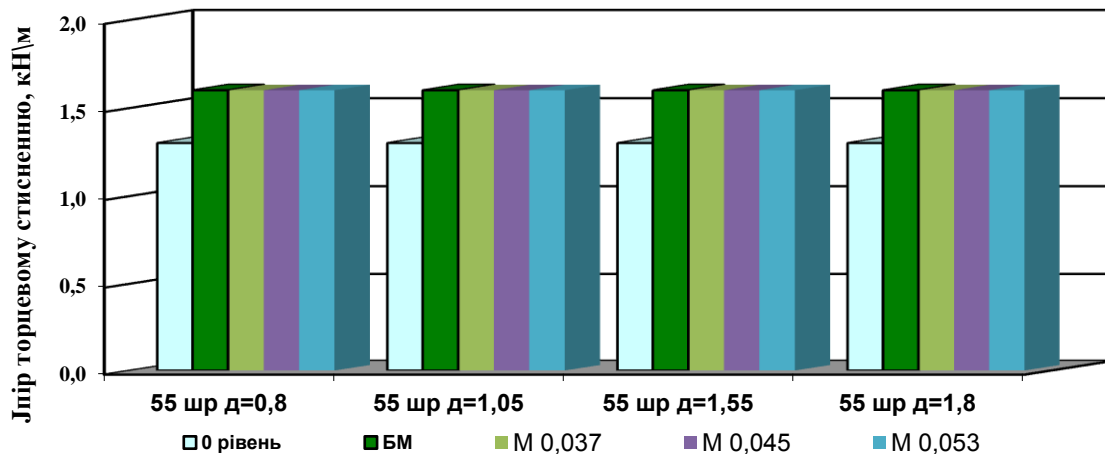


Рисунок 4 Вплив ступеня заміщення та витрати клею на показник опору торцевому стисненню (за 55 °ШР)

ВИСНОВКИ

1. В результаті проведених досліджень за використання математичних залежностей(1.1-1.5) встановлено, що підвищення ступеня заміщення клею з 0,037 до 0,053 та збільшення витрати клею з 0,8 % до 1,8% (до 18 кг\1 т продукції) дає можливість покращити комплекс показників міцності зразків паперу за умови введення клею в процесі розмелювання [27,29], а саме:

а. показник опору плоскостному стисненню зростає з 196 Н до 260 Н (за оптимального градуса млива 55 °ШР), що означає покращення показника в 1,32 рази.

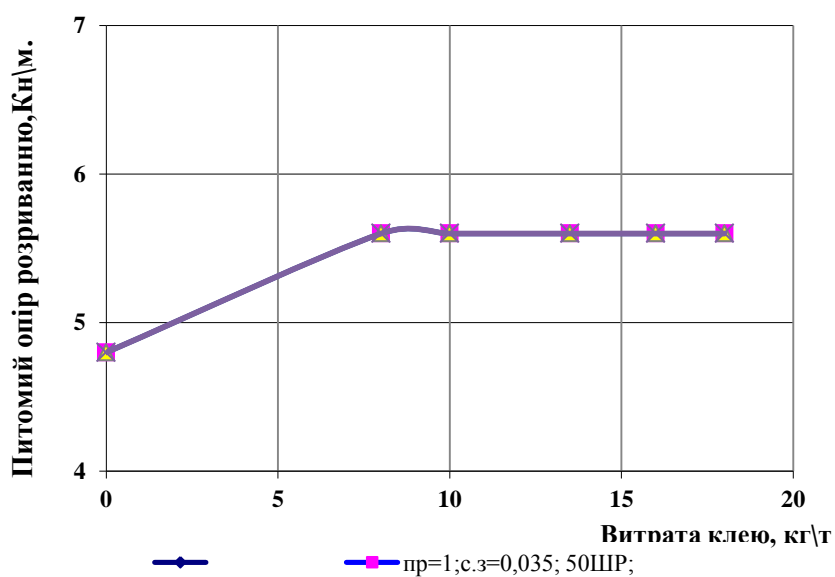
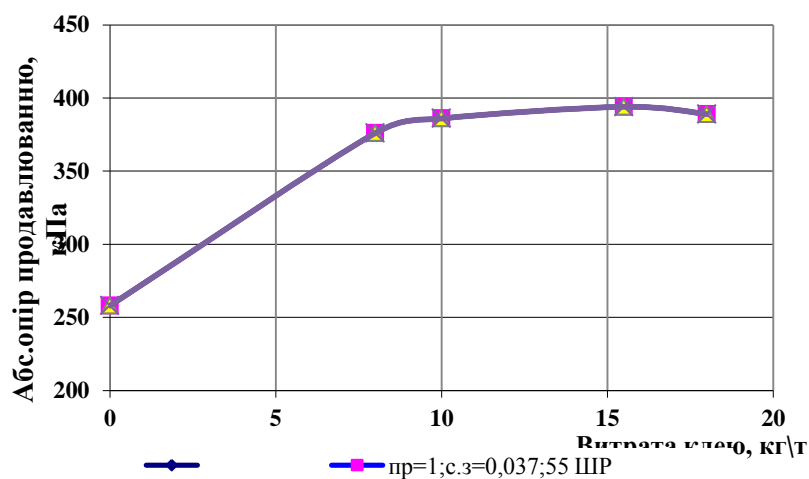
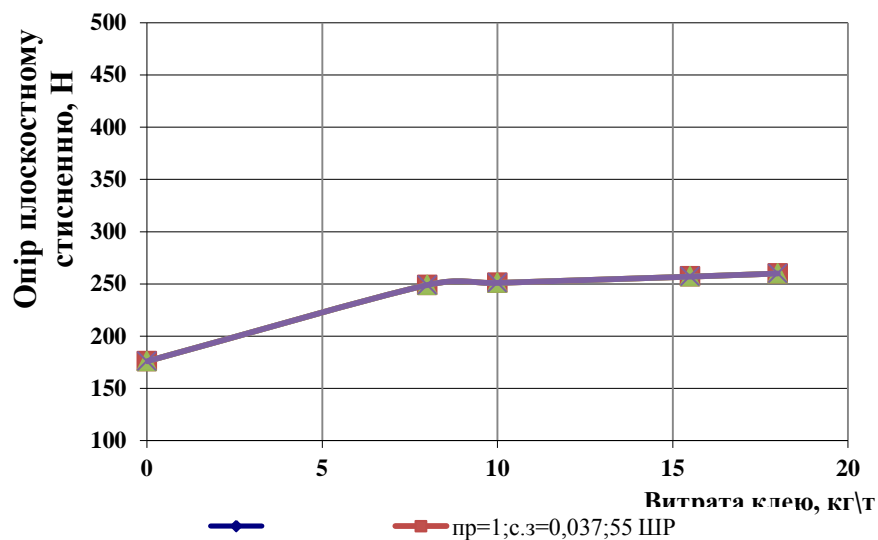
в. показник абсолютного опору продавлюванню зростає з 286 кПа до 394 кПа (за оптимального градуса млива 55 °ШР та дози 15,5 кг\1 т продукції), що означає покращення показнику в 1,37 рази

с. показник абсолютного опору торцевому стисненню зростає з 1,3 кН\м до 2,3 кН\м (за дози 8,0 кг\1 т продукції), що означає покращення показнику майже в 1,76 рази.

Таким чином, проведений аналіз і дослідження розроблених моделей дозволили визначити область, в межах якої можливий пошук оптимальних параметрів і технологічних режимів за умови введення клею в процесі розмелювання.

1.3.1 Моделювання та пошук оптимального ступеня заміщення та витрати крохмального клею

На рис. 1.5 наведено залежності показників міцності зразків паперу від витрати клею для оптимального градуса млива за кожним із показників за умови введення клею в процесі розмелювання [27,29].



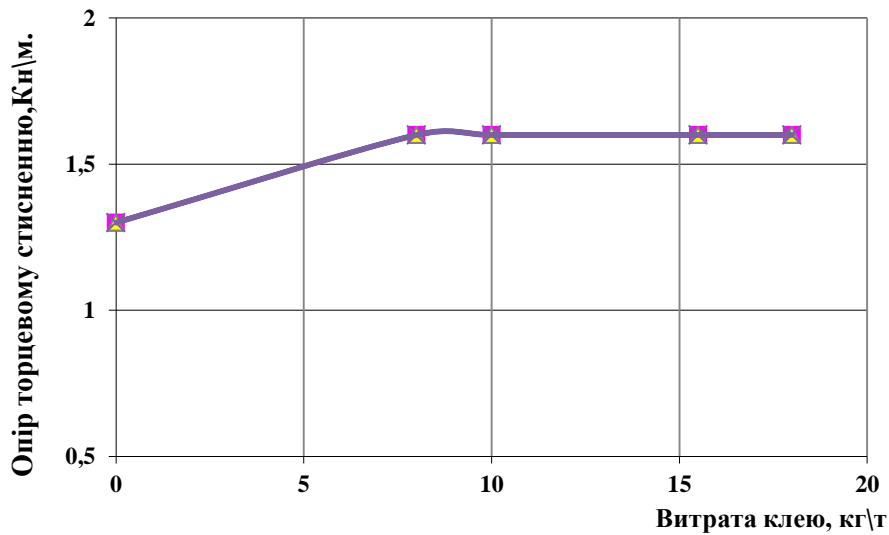


Рисунок 1.5 Графіки залежності фізико-механічних показників зразків паперу від витрати клею, що вноситься до маси: а) опору плоскостному стисненню, б) абсолютного опору продавлюванню, в) питомого опору розриванню в машинному напрямку, г) опору торцевому стисненню.

Базуючись на результатах проведених досліджень [27,29] та враховуючи всі фактори, що впливають на процес, можна зробити висновок, що оптимальними умовами для виготовлення зразків паперу за умови введення клею в процесі розмелювання **марки Б-2** (мінімально) є:

- градус млива – 55 °ШР; витрата клею 8-10 кг/т зі ступенем заміщення клею 0,035÷0,042.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вимоги до сировини та готової продукції

Макулатура паперова і картонна

Технічні умови ДСТУ 3500

В процесі виробництва картону для плоских шарів використовується макулатура паперова і картонна (ДСТУ 3500) [8].

Цей стандарт поширюється на макулатуру паперову і картонну (далі-макулатура), яка використовується як вторинна сировина для виготовлення паперу, картону та інших виробів.

Стандарт не поширюється на макулатуру несортовану та непаковану.

В залежності від складу макулатура поділяється на чотири групи [8]:

- А – макулатура з високими паперотворними властивостями;
- Б – макулатура з середніми паперотворними властивостями;
- В – макулатура з низькими паперотворними властивостями;
- Г – макулатура, яка важко розпускається.

3.2 Макулатура кожної групи залежно від складу, джерел надходження, кольору і здатності до розпуску поділяється на марки згідно з табл. 2.1 [8].

Таблиця 2.1

Група	Марка	Склад
А	МС-1А-1	Відходи перероблення білого непігментованого паперу із 100 % біленої целюлози без друку та лініювання, без ламінованого, лакованого, парафінованого та іншого покриття і просочення (синтетичними смолами, парафіном, воском, жироподібними речовинами тощо): папір для друку, малювання, писальний, креслярський, санітарно-гігієнічного призначення та інші види білого паперу без гільз.
	МС-1А-2	Відходи перероблення білого паперу із 100 % біленої целюлози, в тому числі пігментованого, без друку та лініювання, без ламінованого, лакованого, парафінованого та іншого покриття і просочення (синтетичними смолами, парафіном, воском, жироподібними речовинами тощо): папір для друку, малювання, писальний, креслярський та інші види білого паперу без гільз.
	МС-2А-1	Відходи перероблення білого паперу різного за складом, з лініюванням або без нього (крім газетного) без пігментованого покриття, без покриття і просочення синтетичними смолами, парафіном, воском, жироподібними речовинами тощо та без ламінування.
	МС-2А-2	Відходи перероблення білого паперу (крім газетного) з лініюванням, кольоровою смужкою (площа друку не більше 20 % площі поверхні), у тому числі з пігментованим покриттям, але без покриття і просочення та без ламінування.

Продовження таблиці 2.1

Група	Марка	Склад
	МС-3А	Відходи виробництва, перероблення та споживання продукції із небіленої целюлози: паперу: для гофрування (флютинг); пакувального; шпагатного; патронного; мішкового; основи абразивного; основи для клейової стрічки; картону: для плоских шарів гофрованого картону (крафт-лайн) та інших видів; перфокарт; паперового шпагату та інших видів. Відходи виробництва мішків паперових невологомічних (без бітумного просочування, прошарку і армованих шарів)
	МС-4А	Використані мішки паперові невологомічні (без бітумного просочування, прошарку і армованих шарів)
Б	МС-5Б-1	Відходи виробництва, перероблення та споживання гофрованого картону та гофротара із небіленої целюлози
	МС-5Б-2	Відходи виробництва та перероблення гофрованого картону різного сировинного складу та гофротара, яка не була у використанні
	МС-5Б-3	Гофрокартон та гофротара всіх видів з друком та без нього після використання
	МС-6Б-1	Відходи перероблення картону із біленої целюлози без друку
	МС-6Б-2	Відходи перероблення картону із біленої целюлози з чорно-білим та кольоровим друком
	МС-6Б-3	Відходи перероблення та споживання картону всіх видів (крім електроізоляційного, покрівельного та взуттєвого), у тому числі з чорно-білим та кольоровим друком
	МС-7Б-1	Відходи виробництва поліграфічної галузі: обрізки, книги, журнали, брошури, проспекти, каталоги та інші види продукції без оправлення; нереалізовані книги, журнали, брошури, проспекти, каталоги, блокноти, зошити, записні книжки, плакати та інші види друкованої продукції і паперових білових товарів, які видано на білому папері, крім газетного з однофарбовим та кольоровим друком, без твердого приклеєного оправлення, палітурок, обкладинок та корінців
	МС-7Б-2	Використані книги, журнали, брошури, проспекти, каталоги, блокноти, зошити, записні книжки, плакати та інші види друкованої продукції і паперово-білових товарів, які видано на білому папері, крім газетного з однофарбовим та кольоровим друком, без твердого приклеєного оправлення, палітурок, твердих обкладинок та корінців
В	МС-8В-1	Відходи перероблення газетного паперу без друку
	МС-8В-2	Відходи газетного паперу з друком та нереалізовані тиражі газет

Закінчення таблиці 2.1

Група	Марка	Склад
	МС-8В-3	Газети, що були у використанні
	МС-9В	Паперові та картонні гільзи, шпулі, втулки (без стрижнів і корків, без покриття і просочення)
	МС-11В	Відходи перероблення та споживання картону і паперу різноманітних видів та кольорів, окрім чорного та коричневого: санітарно-гігієнічного призначення, обкладинкового, світлочутливого, в тому числі задрукованого на апаратах розмножувальної техніки або принтерах, афішного, шпалерного (без покриття), пачкового, шпульного, фільтрувального тощо
Г	МС-12Г	Відходи виробництва, перероблення та споживання паперу, картону та гофрокартону з просоченням і покриттям, в тому числі вологоміцні, ламіновані, проклеєні спеціальними клеями; паперові мішки, виготовлені з паперу зазначених видів; електроізоляційний папір та картон, шпалери, книги, журнали, надруковані на лакованому папері
	МС-13Г	Відходи виробництва, перероблення та споживання паперу та картону чорного і коричневого кольорів, папір копіювальний, для обчислювальної техніки, папір пігментований і ґрунтований, покрівельний картон тощо
	МС-14Г	Відходи банкотного паперу і банкнот, зношені банкноти

Крохмаль модифікований

Технічні умови ТУ У 24885977.001 : 2001

В процесі виробництва картону для плоских шарів використовується крохмаль модифікований [8].

Технічні умови поширюються на крохмаль модифікований, призначений для використання у виробництві картону та паперу[8].

Крохмаль модифікований повинен вироблятися марок:

КМС - призначена для міжшарового, поверхневого та внутримасного проклеювання під час виробництва картону та паперу;

КММ - призначена для виготовлення пігментувальних паст під час виробництва картону та паперу.

Показники якості крохмалю модифікованого повинні відповідати вимогам, наведеним у табл.2.2 [8].

Таблиця 2.2

Назва показника	Норма для марки		Метод випробування
	КМС	КММ	
1. Масова частка фосфору, %	0,4 - 2,0	0,5 - 3,0	5.5 цих технічних умов
2. Масова частка карбаміду, %	2,0 - 5,0	4,0 - 10,0	5.4 цих технічних умов
3. Масова частка вологи, % не більше	13,0	13,0	Згідно з ГОСТ 7698
4. рН водного розчину	6,0 - 8,0	6,0 - 8,0	Згідно з ГОСТ 12523 та 5.6 цих технічних умов
5. Умовна в'язкість, с: за масової частки зависі, %			Згідно з ГОСТ 8420
5	20-30	-	
15	-	14-18	
2	-	22-28	

Алюмінію сульфат технічний очищений

ГОСТ 12966

В процесі виробництва картону для плоских шарів використовується алюмінію сульфат технічний очищений [8].

Показники якості алюмінію сульфат технічний очищений повинні відповідати вимогам, наведеним у табл. 2.3 [8].

Таблиця 2.3 – Вимоги до сульфату алюмінію

Наименование показателя	Норма для марок.		
	А	Б	
	высшая категория качества	1-й сорт	2-й сорт
		I категория качества	I категория качества
	ОКП 2141140210	ОКП 2141140223	ОКП 2141140223
1. Внешний вид	Неслеживающиеся пластинки, брикетки, куски неопределенной формы и разного размера массой не более 10 кг ,белого цвета. Допускаются бледные оттенки серого, голубого и розового цвета		
2. Массовая доля оксида алюминия, %, не менее.	17	16	15

Закінчення таблиці 2.3

3. Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,2	0,3	0,7
4. Массовая доля железа в пересчете на оксид железа (3), %, не более	0,02	0,02	0,3
5. Массовая доля свободной серной кислоты (H ₂ SO ₄), %, не более	выдерживает испытание		0,1
6. Массовая доля мышьяка в пересчете на оксид мышьяка(3), %, не более	0,001	0,001	0,003

Гідрооксихлорид алюмінію «ПОЛВАК 40/68/80»

ТУ У 19155069.001

В процесі виробництва картону для плоских шарів використовується гідрооксихлорид алюмінію «ПОЛВАК 40/68/80» [8].

Показники якості гідрооксихлорид алюмінію «ПОЛВАК 40/68/80» повинні відповідати вимогам, наведеним у табл. 2.4 [8].

Таблиця 2.4 – Характеристика розчинів гідроксихлоридів алюмінію різного ступеня основності

Найменування показника	Норма		
	Полвак-40	Полвак-68	Полвак-80
Зовнішній вигляд	зеленувато-жовта рідина, допускається наявність інших відтінків і каламуть		
Масова частка основної речовини в перерахуванні на Al ₂ O ₃ , %, не менше	15	10	10
Відносна основність, %	35 – 45	65 – 72	74 – 80
Щільність при 20 °С, г/см ³	1,23 – 1,40		
Масова частка нерозчинного у воді залишку, %, не більше	0,3		
Масова частка хлоридів, %	5 – 20		

Флокулянт “FENNOPOLA 305”

В процесі виробництва картону для плоских шарів флокулянт “FENNOPOLA 305” [8].

Показники якості флокулянту “FENNOPOLA 305” повинні відповідати вимогам, наведеним нижче за текстом [8].

Зовнішній вигляд	білий гігроскопічний порошок
Запах	відсутній
В'язкість (25°C, 0,5%), м пас	25 – 45
Щільність, г/см ²	0,6 – 0,9
pH	3,5 – 7,0

Мікробіоцидний засіб

Fennocide BZ26 - захисний засіб широкого спектру дії, особливо ефективний проти бактерій і грибків. Fennocide BZ26 може застосовуватися як захисний засіб для рідких мас наповнювачів і пігментів, а також покриваючих барвників, що містять крохмаль і кальцій

Суміш наступних активних речовин :

2.2-дибром-3-нитрилпропионамид

2-бром-2-нітропропан-1.3-диол

5-хлоро-2-метил-4-ізотіазолін-3-он

2-метил-4-ізотіазолін-3-он

Прозора жовтувата рідина.

Щільність 1,27 - 1,31 кг/м³

pH (розчин 5%) 4,6 - 4,9

В'язкість 150 мПас

Водорозчинність повна

Сумістні матеріали, обладнання та зберігання продукту

В концентрованій формі Fennocide BZ26 викликає корозію більшості металів. Рекомендовані матеріали для дозуючого обладнання, ємностей зберігання, трубопроводів – поліетилен високого тиску та тефлон.

Картон для плоских слоев гофрированного картона
Технические условия ГОСТ 7420-89

Показники якості картону повинні відповідати нормам, які вказані в таблицях 2.3 та 2.4

Таблица 2.3 Показники якості картону для плоских шарів

Наименование показателя	Значение для марки КВС						Метод испытания
1. Масса картона площадью 1 м ² , г	125±6	150±9	175±10	200±12	225±12	250±12	По ГОСТ 13199
2. Толщина, мм	0,20	0,25	0,27	0,32	0,35	0,40	По ГОСТ 27015
3. Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа (кгс/см ²), не менее	570 (5,8)	670 (6,8)	780 (7,9)	850 (8,6)	950 (9,6)	1050 (10,7)	По ГОСТ 13525.8
4. Поверхностная впитываемость воды по Коббу верхней стороны (Кобб), г/м ² , не более	25	25	25	25	25	25	По ГОСТ 12605
5. Разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении, Н (кгс), не менее	180 (18)	220 (22)	280 (29)	300 (31)	310 (32)	330 (34)	По ГОСТ 10711
6. Влажность, %	8	8	8	8	8	8	По ГОСТ 13525.19

Продовження табл.2.3

Наименование показателя	Значение для марки К-0						Метод испытания
	125±6	150±9	175±10	200±12	225±12	250±12	
1. Масса картона площадью 1 м ² , г							По ГОСТ 13199
2. Толщина, мм	0,22	0,27	0,31	0,36	0,38	0,40	По ГОСТ 27015
3. Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа (кгс/см ²), не менее	540 (5,5)	620 (6,3)	690 (7,0)	790 (8,0)	820 (8,3)	850 (8,6)	По ГОСТ 13525.8
4. Поверхностная впитываемость воды по Коббу верхней стороны (Кобб), г/м ² , не более	30	30	30	30	30	30	По ГОСТ 12605
5. Разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении, Н (кгс), не менее	160 (16)	210 (21)	240 (24)	270 (28)	300 (31)	320 (33)	По ГОСТ 10711
6. Влажность, %	8	8	8	8	8	8	По ГОСТ 13525.19

Продовження табл.2.3

Наименование показателя	Значение для марки К-1						Метод испытания
	125±7	150±9	175±12	200±12	225±12	250±12	
1. Масса картона площадью 1 м ² , г							По ГОСТ 13199
2. Толщина, мм	0,22	0,27	0,31	0,36	0,38	0,40	По ГОСТ 27015
3. Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа (кгс/см ²), не менее	460 (4,7)	520 (5,3)	570 (5,8)	620 (6,3)	640 (6,5)	670 (6,8)	По ГОСТ 13525.8
4. Поверхностная впитываемость воды по Коббу верхней стороны (Кобб), г/м ² , не более	30	30	30	30	30	30	По ГОСТ 12605
5. Разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении, Н (кгс), не менее	150 (15)	180 (18)	200 (20)	220 (22)	230 (23)	260 (26)	По ГОСТ 10711
6. Влажность, %	8	8	8	8	8	8	По ГОСТ 13525.19

Продовження табл.2.3

Наименование показателя	Значение для марки К-2						Метод испытани я
1. Масса картона площадью 1 м ² , г	175±12	200±12	225±12	250±12	300±20	350±25	По ГОСТ 13199
2. Толщина, мм	0,35±0,03	0,38±0,03	0,41±0,04	0,43±0,04	0,50±0,04	0,55±0,04	По ГОСТ 27015
3. Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа (кгс/см ²), не менее	490 (5,0)	510 (5,2)	530 (5,4)	560 (5,7)	660 (6,7)	740 (7,5)	По ГОСТ 13525.8
4. Поверхностная впитываемость воды по Коббу верхней стороны (Кобб), г/м ² , не более	30	30	30	30	30	30	По ГОСТ 12605
5. Разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении, Н (кгс), не менее	170 (17)	190 (19)	210 (21)	230 (23)	280 (29)	320 (33)	По ГОСТ 10711
6. Влажность, %	8	8	8	8	8	8	По ГОСТ 13525.19

Продовження табл.2.3

Наименование показателя	Значение для марки К-3				Метод испытания
1. Масса картона площадью 1 м ² , г	175±12; 200±13	250±15	300±24	350±25	По ГОСТ 13199
2. Толщина, мм	0,38±0,03	0,45±0,04	0,50±0,04	0,55±0,05	По ГОСТ 27015
3. Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа (кгс/см ²), не менее	440 (4,5)	490 (5,0)	530 (5,4)	580 (5,9)	По ГОСТ 13525.8
4. Прочность на излом при многократных перегибах в поперечном направлении (число двойных перегибов), не менее	30	30	30	30	По ГОСТ 13525.2
5. Поверхностная впитываемость воды по Коббу верхней стороны (Кобб), г/м ² , не более	35	35	35	35	По ГОСТ 12605
6. Разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении, Н (кгс), не менее	170 (17)	220 (22)	260 (26)	290 (30)	По ГОСТ 10711
7. Влажность, %	8±2	8±2	8±2	8±2	По ГОСТ 13525.19

Закінчення табл.2.3

Наименование показателя	Значение для марки К-4			Метод испытания
1. Масса картона площадью 1 м ² , г	250±15	300±24	350±25	По ГОСТ 13199
2. Толщина, мм	0,45±0,04	0,50±0,04	0,55±0,05	По ГОСТ 27015
3. Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа (кгс/см ²), не менее	350 (3,6)	410 (4,2)	460 (4,7)	По ГОСТ 13525.8
4. Прочность на излом при многократных перегибах в поперечном направлении (число двойных перегибов), не менее	10	10	10	По ГОСТ 13525.2
5. Поверхностная впитываемость воды по Коббу верхней стороны (Кобб), г/м ² , не более	35	35	35	По ГОСТ 12605
6. Разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении, Н (кгс), не менее	210 (21)	240 (24)	260 (26)	По ГОСТ 10711
7. Влажность, %	8±2	8±2	8±2	По ГОСТ 13525.19

2.2 Технологічна схема виробництва картону для плоских шарів

Технологічна схема виробництва картону для плоских шарів наведено на рис. 2.1.

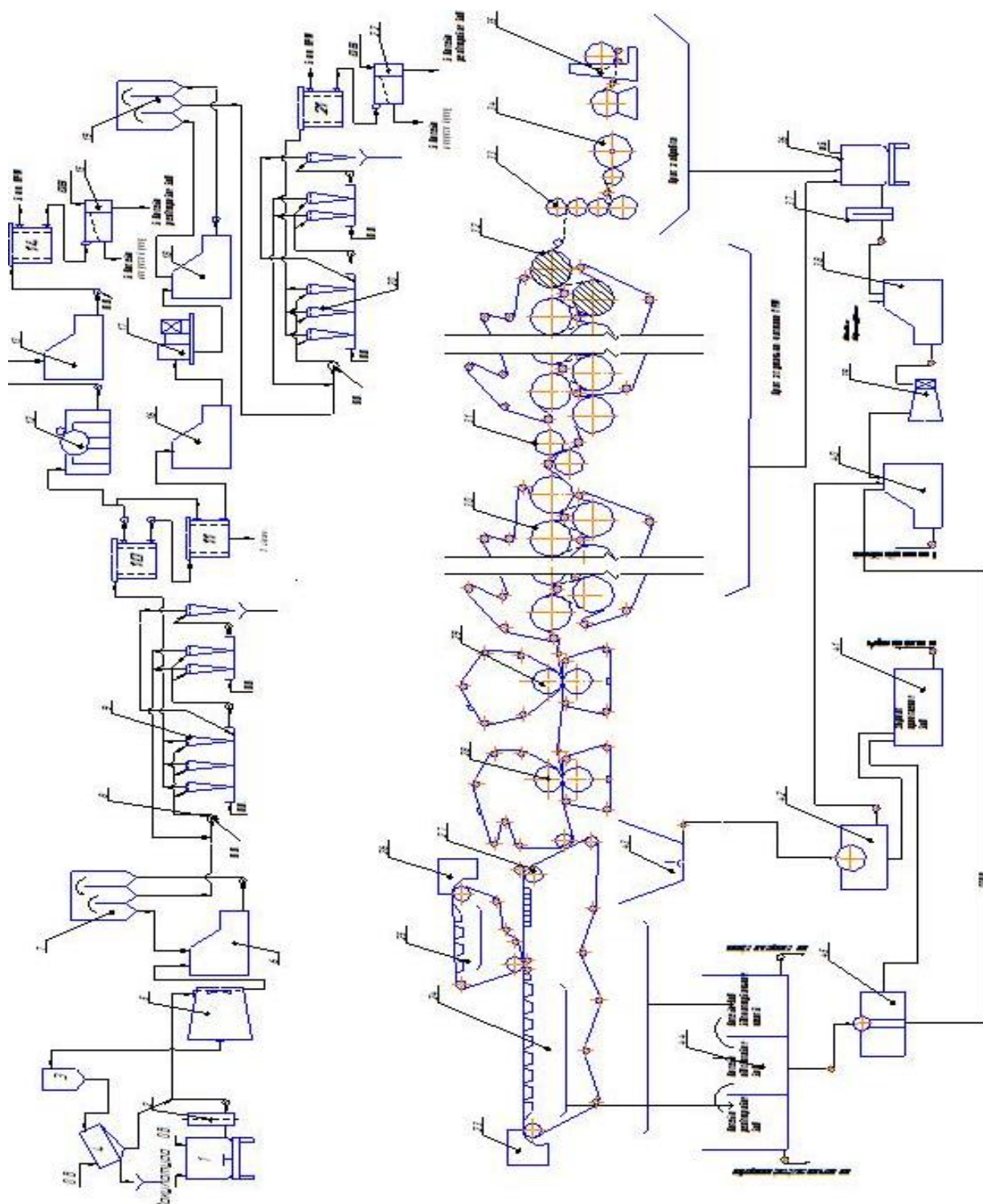


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва картону для плоских шарів

2.3 Опис технологічної схеми виробництва

Потік підготовки макулатурної маси

Технологічна схема виробництва картону для плоских шарів наведено на рис. 2.1.

Кіпи макулатури марок МС – 3А, МС – 4А та МС – 5Б автотранспортом подаються на стрічку транспортера, де розрізається дріт та видаляються включення. Макулатура надходить в гідророзбивач (1), де відбувається розволокнення макулатури з використанням обігової води.

Розволокнена макулатурна маса насосом подається з гідророзбивача на турбосепаратор – фібрайзер РВ - 02 (5) для остаточного розволокнення маси і подальшого відділення з неї забруднень. У фібрайзері одночасно здійснюється очищення маси і додаткове розділення її на волокна. В середині фібрайзера знаходиться металеве сито, за допомогою якого відбувається сортування.

Маса, що не пройшла через отвори сита фібрайзера поступає в гравітаційний відстійник (3), де відбувається відділення маси від твердих відходів. Відокремлена волокниста маса з відстійника поступає в промивний барабан (5), в якому відбувається промивання та зневоднення відходів, які направляються у відвал.

Очищена маса з фібрайзера поступає в басейн розволокненої маси (6), звідки через бак постійного рівня (7), на батарею центреклинерів для подальшого очищення маси. Бак постійного рівня розділений у середині вертикальними перегородками на три відділення: на приймальне, переливне і відділення постійного напору.

Трьохступенева установка очисників середньої концентрації (9) «Celleco Twister». Максимальний тиск на вході 450 кПа, робочий перепад тиску на 1-му ступені 150-175 кПа. Перед 1-м ступенем очищення маса розбавляється до концентрації 1,5 % надлишковою оборотною водою. Очищена маса після першого ступеня спрямовується на двохступінчастий фракціонатор 1-го ступеню (10), а відходи поступають на 2-й ступінь вихрових очисників. Очищена

маса з 2-го ступеню поступає на вхід насоса 1-го ступеня, а відходи надходять на 3-тій ступінь очисників, концентрація маси перед 3-тій ступенем 0,5 %, маса розбавляється світлою водою. У складі 3-го ступеню очисників, знаходиться інтегрований модуль "Fibermizer 0/2" відходи з якого поступають на згущення на віддільник піску – седиматор і далі на транспортер видалення відходів, а відсортована маса – на змішувальний насос перед 2-м ступенем.

Фракціонування здійснюється на напірних щілинних сортувалках в два ступені: перший ступінь – сортування TamScreen TS12 (10) і другий ступінь – сортування TamScreen TS10 (11) зі щілинними отворами 0,2 мм. Маса поступає зверху по осевій, під подачею маси розташовується відсік фільтрату, а нижче – камера відходів. Осьова подача забезпечує абсолютно рівномірний розподіл маси в зоні сортування. Це також дозволяє знизити перепад тиску, характерний для всіх угруповань з тангенціальною подачею маси. Сортування TamScreen створює невеликий приріст тиску між входом і випуском фільтрату. Результуюче зниження перепаду тиску для сит великого діаметру забезпечує економію потужності, яка споживається лопатевим насосом. Нахил планок створює рух твердих частинок до камери відходів і поширює імпульс до планок, запобігаючи формуванню пульсацій за полотном сита. У сортувалках використовується циліндричне сито, розташоване ексцентрично по відношенню до основного корпусу, що дозволяє формувати більш рівномірний потік і додатково знизити пульсації.

Відсортоване волокно першого ступеня фракціонування являє собою коротку фракцію, а відходи другого ступеня – довгу фракцію. Далі підготовка кожної фракції здійснюється за своєю окремою схемою. Очищена маса з двох ступенів фракціонування формує коротку фракцію. Відходи сортування другого ступеня формують довгу фракцію.

Коротка фракція направляється прямо на згущувач VDF 5,2 (12) для згущення, звідки в басейн короткої фракції (13). Після цього маса поступає в змішувальний насос, де розбавляється оборотною водою до концентрації 0,7 %. Розбавлена маса поступає на вузловловлювач (14). Легкі відходи від вузловловлювача подаються на вібросортувалку (15), звідти відсортоване

волокно повертається в басейн реєстрових вод, а відходи направляються у відвал. Очищена маса після вузловловлювача з концентрацією 0,6 % спрямовується в напірний ящик нижнього шару (23).

Довга фракція направляється в басейн довгої фракції (16), звідки маса подається на розмелювання на дисковий рафінер "30/32" DD6000" (17). Концентрація маси при розмелюванні становить 3,5 %.

Розмелена маса поступає в басейн розмеленої маси (18), звідки подається у бак постійного рівня (19). Після цього маса поступає в змішувальний насос, де розбавляється оборотною водою до концентрації 0,7 %. Розведена маса насосом подається на очищення в установку вихрових конічних очисників УБК-300 (20). Очищена маса після I ступеня спрямовується в вузловловлювач (21). Легкі відходи від вузловловлювача подаються на вібросортувалку (22), звідти волокно повертається в басейн реєстрових вод, а відходи направляються у відвал. Очищена маса після вузловловлювача, з концентрацією 0,6 % спрямовується в напірний ящик поверхневого шару (26).

Формувальна частина КРМ

Формувальна частина машини включає два плоскі сіткові столи нижнього і верхнього шарів консольного типу, що забезпечують якісне формування і зневоднення нижнього і верхнього шарів полотна картону. Сіткові столи оснащені валами, правками, натяжками, шаберами, спорсками. Гідропланки можуть бути зі зносостійкими вставками або керамічними. Передача верхнього шару полотна на нижню сітку здійснюється через спеціальний сітковий циліндр. Підсіткова вода поступає в бак-збірник реєстрової води.

Частина води використовується для розбавлення маси в баці постійного рівня; поступає на розпуск макулатури та оборотного браку в гідророзбивачах.

На сукномийки, відсічки та ущільнення вакуумних насосів використовується освітлена вода. Надлишкова вода, яка не використовується у виробництві, поступає на очисні споруди.

Передача полотна з сіткової в пресову частину КРМ

Вологе полотно, з верхньої сітки, за допомогою пересмоктувального валика присмоктується до нижнього шару полотна нижньої сітки і разом з ним передається в пресову частину машини.

Пересмоктувальний вал для автоматичної передачі полотна схожий за конструкцією з відсмоктувальним гауч-валом. Пересмоктувальний вал, має вакуумну камеру, під дією якої полотно практично не зневоднюється, а присмоктується до сукна преса.

Пресова частина

Основне призначення пресової частини картоноробної машини полягає в подальшому зневодненні картонного полотна і поліпшення якості його поверхні. В результаті пресування зростає міцність, щільність і сухість картону. Від сухості полотна багато в чому залежить підвищення продуктивності сушильної частини, зниження витрати пари, а, отже, і економічність роботи картоноробної машини.

Пресова частина складає:

- прес з розширеною зоною пресування (28);
- прес з розширеною зоною пресування, з башмачним модулем (29).

Преси пресової частини забезпечені двома сукнами, причому в якості верхнього пресового сукна використовується знімальне сукно. Пресові сукна мають маркувальні смуги, які при натягуванні сукна повинні розташовуватися по прямій лінії або хоча б кінці цієї лінії повинні розташовуватися на одному рівні з приводної і лицьової сторін машини. Для промивання сукна встановлені щілинні сукномийки. Промивання сукна хімічними розчинами (натру їдкого технічного, Alphasolv AP) проводиться під час планово-технічного огляду. У пресовій частині досягається сухість полотна 52 %.

Сушильна частина машини

Після пресової частини мокре картонне полотно поступає в сушильну частину картоноробної машини (30), де видаляється волога, що залишилася, за рахунок контактної сушки.

Сушильна частина картоноробної машини – двоярусна, циліндрового типу, складається з 93 сушильних і двох холодильних циліндрів діаметром 1500 мм. За

приводом сушильна частина складається з 8 груп: I приводна група включає 11 сушильних циліндрів, II - VII приводні групи – по 12 сушильних циліндрів кожна, VIII складається з 10 сушильних і 2 холодильних циліндрів.

Картонне полотно, що рухається, притискається до нагрітої поверхні циліндрів за допомогою сушильних синтетичних сіток, що покращують теплопередачу і запобігають коробленню і скручуванню картону при сушінні.

Сушіння картону проводиться поступово. Температура циліндрів на початку сушіння не повинна перевищувати 85-105 °С. В подальших групах температура циліндрів підвищується, досягаючи в середині сушильної частини 130-145 °С. Перед клеїльним пресом температура циліндрів знижується до 85-125 °С.

Між VI і VII приводними групами встановлений клеїльний прес (31). Картон поступає на клеїльний прес при сухості 85-92 %. Лінійний тиск між валами до 30 кН/м (кгс/см). Спорсками картон безперервно зрошується з обох боків крохмальним клеєм, нагрітим до температури 40-60° С, і проходить через вали. Надлишок клею через воронку подається на вібросито, звідки поступає у бак крохмального клею, а потім насосом подається на спорскові труби.

Після клеїльного пресу картонне полотно, для уникнення утворення зморшок, рівномірно розправляється по ширині за допомогою розгінного валу і поступає в підсушувальну частину з роздільною пароподачею верхніх і нижніх циліндрів. Роздільна пароподача дозволяє створити різну температуру у верхніх і нижніх циліндрах і тим самим вирівняти вологість поверхневого і нижнього шарів картону.

Для продування синтетичних сіток передбачені сіткопродувні камери. Найбільший (розрахунковий) робочий тиск пари в сушильних циліндрах $P_{\text{надл.}} = 0,5 \text{ МПа (5 кгс/см}^2\text{)}$.

Нерівномірна вологість шарів веде до скручування картону. У підсушувальній частині картон необхідно висушити до потрібної сухості 95 %. Різна вологість зовнішніх шарів може виникнути внаслідок порушення режиму сушіння на досушуванні.

Остаточного картон охолоджується на 2-х холодильних циліндрах, де, крім, того, зовнішні шари зволожуються на 1-2 % за рахунок вологи, сконденсованої

на поверхні циліндрів. Зволоження зовнішніх шарів картону чи паперу сприяє підвищенню його гладкості при каландруванні, оскільки після сушіння картон є недостатньо еластичний.

Картонне полотно після сушіння і охолодження, після холодильних циліндрів поступає на машинний каландр (33), а далі на накат (34) КРМ.

Машинний каландр

Каландр (33) являє собою шестивальну батарею валів зі станинами відкритого типу. Верхній і нижній вали з регульованим прогином системи «Костнер». Другий вал привідний. Каландр обладнаний механізмом для додаткового притиску валу. Нижній і третій вали циліндра охолоджуються повітрям.

Повітряна заправка служить для передачі смужки картону з сушильної частини в каландр, заправки картону по батареї валів і передачі смужки на накат. Вона складається з направляючих лотків і повітряпідвідних трубок.

Накат

З машинного каландру картон поступає на накат периферичного типу (34) з пневматичною системою притиску. Найбільший діаметр намотуваного тамбура 2200 мм. Заправка полотна картону на накат – автоматична. Для розправлення складок полотна картону, перед накатом встановлений розправляючий валик.

Різання та обробка картону

З накату намотані тамбури подаються до поздовжньо-різального верстата (35), на якому полотно картону розрізається і намотується на рулони діаметром від 950 мм до 1200 мм. Поздовжньо-різальний верстат працює при швидкості від 300 до 1200 м/хв.

Збір та використання оборотної води.

Технологічна схема передбачає максимальне використання оборотної води. Регістрова вода збирається в збірнику регістрових вод і використовується для розведення маси в змішувальних насосах і гідророзбивачах сухого браку.

Для стабільної роботи насосу змішувача рівень в збірнику регістрових вод підтримується постійним, внаслідок переливу надлишкових вод. Сюди ж

подається надлишок вод шляхом переливу із збірника вод від відсмоктувальних ящиків. Ця вода подається на розведення маси в жолоби центріклінеров I і II ступенів.

Надлишок вод надходить на дисковий фільтр. Освітлена вода з дискового фільтра з концентрацією волокна 0,001 %, може використовуватися на спорски сіток, а осад подається в машинний басейн .

2.3 Розрахунок матеріального балансу

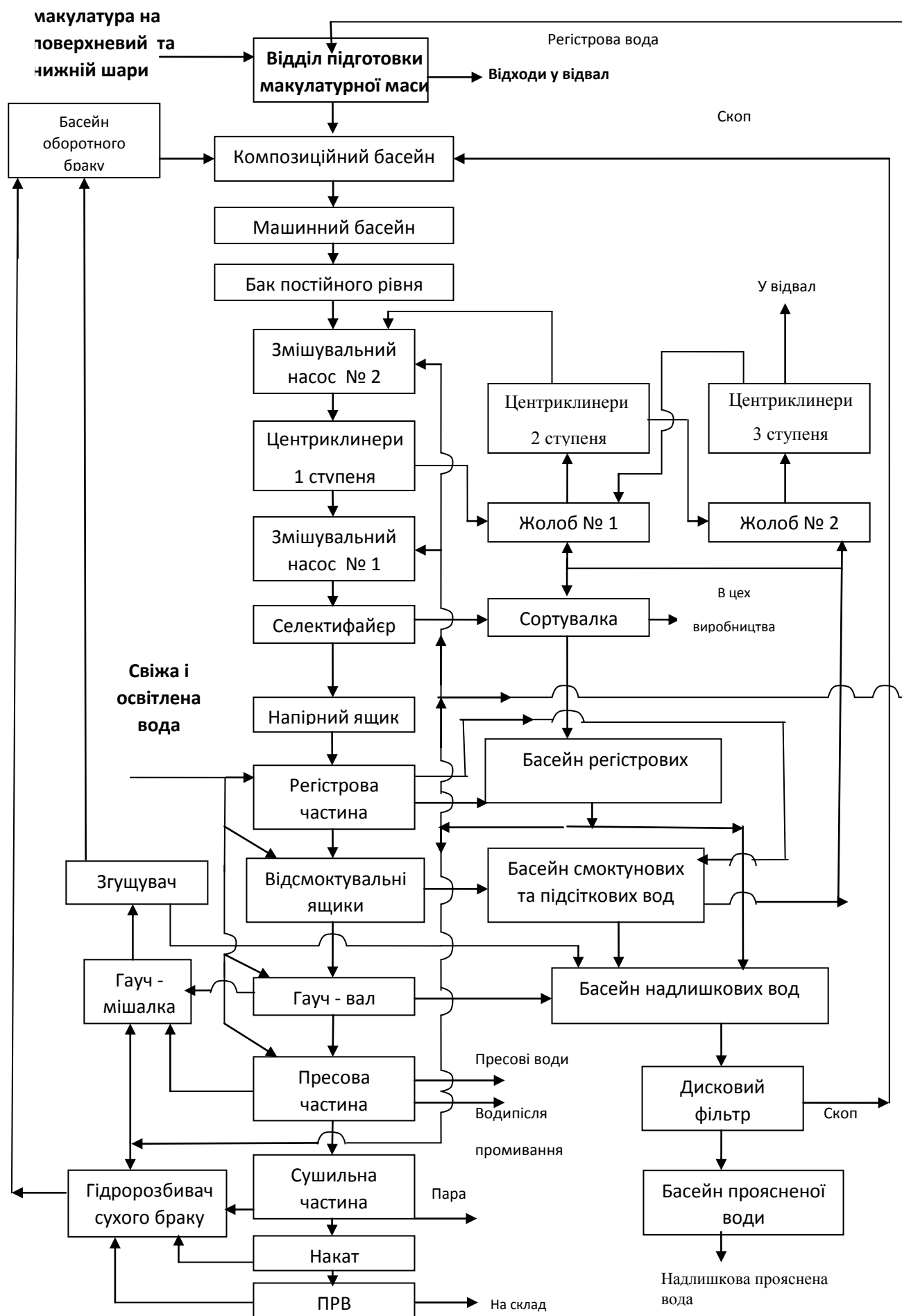
2.3.1 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу води та волокна наведено в табл. 2.6.

Найменування статей	Вихідні дані		
	Джерело [1]	Джерело [2]	Приймаємо до розрахунку
1. Концентрація маси на різних стадіях виробництва, %			
На накаті	94,0	94,0-96,0	95,0
Після пресів	42,0	38,0-42,0	42,0
Після гауч-валу	20,0	18,0-20,0	20,0
Після відсмоктувальних ящиків	10,0	10,0-12,0	16,0
Після реєстрової частини	2,8	2,5-3,8	3,9
В напірному ящику	0,5	0,5-0,65	0,6
В баку постійного рівня	3,2	3,2-3,5	3,50
В композиційному басейні	3,2	3,2-3,5	3,50
В машинному басейні	3,2	3,2-3,5	3,50
В басейні оборотного браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Скоп після дискового фільтра	3,2	3,2-3,5	3,50
Згущувач	3,2	3,2-3,5	3,50
Гідророзбивач сухого браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Гауч-мішалка	1,0	0,8-1,0	0,80
Басейн оборотного браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Після селективайера	0,55	0,6-0,7	0,60
Після змішувального насоса №1	0,60	0,60-0,65	0,6020
Після змішувального насоса №2	0,65	0,70-0,75	0,7304
Після центриклинерів 1 ступеня	0,63	0,67-0,71	0,70
Після центриклинерів 2 ступеня	0,40	0,40-0,43	0,40
2. Концентрація відхідних вод, %			
Регістрова вода	0,18	0,17-0,20	0,1850
Підсіткові води	0,003	0,003-0,004	0,0040
Відсмоктувальних ящиків	0,10	0,10-0,12	0,10
Пресові води	0,10	0,10	0,10
Від промивання сітки	0,005	0,003-0,004	0,0040
Від промивання сукон	0,0012	0,001	0,0010
Прояснених вод після дискового фільтра	0,0015	0,001	0,0010
Від плоскої сортувалки	0,60	0,48-0,62	0,60
Згущувача	0,05	0,03-0,04	0,18

Продовження таблиці 2.6

3.Витрата свіжої та надлишкової води, л/т паперу			
Свіжа вода на промивання сіток	10000,0	18500,0	18500,0
Свіжа вода на спорски і відсічки відсмоктувальних ящиків	6000,0	10200,0	850
Свіжа вода на промивання сукон	5000,0	8750,0	10200
Свіжа вода на відсічки на гауч-валі	2000,0	3000,0	8750
Надлишкова вода на сортувалку	350,0	900,0	3400
4. Витрата хімікатів, л/т паперу			
5.Кількість браку , % від маси паперу			
В процесі оброблення паперу	2,0	1,5	1,0
На накаті	3,0	2,5	1,0
В процесі сушіння паперу	2,0	2,0	2,0
Мокрий брак	3,0	2,0	1,5
Після гауч-валу	2,0	1,5	1,5
6.Композиція паперу, %			
Макулатура	100,0	100,0	100,0
7.Концентрація відходів сортування, %			
Відходи селектифайера	1,4	1,5	0,80
Центриклинерів 1 ступеня	1,2	1,1	1,20
Центриклинерів 2 ступеня	0,75	0,7	0,70
Центриклинерів 3 ступеня	0,60	0,72	0,67
Відходи плоскої сортувалки	2,0	4,0	4,00
Відходи відділу підготовки макулатурної маси			5,00
8.Сухість початкових напівфабрикатів %			
Макулатура	88,0	88,0	88,0
9.Кількість відходів сортування, % (кг/т)			
Цетриклинери І ступеня	4,5 %	5,0 %	5,00%
Цетриклинери 3 ступеня	1,0 кг	1,5 кг	0,99кг
Селектифайер	1,2 %	1,0 %	1,10%
Відділ підготовки макулатурної маси	6,50	6,50	6,50

2.3.2 Блок-схема виробництва картону для плоских шарів із макулатури



2.3 Розрахунок матеріального балансу води і волокна

Розрахунок матеріального балансу води і волокна проводимо, прив'язуючись до блоків і водопотоків згідно блок–схеми, наведеної вище.

Склад готової продукції На склад поступає 1000 кг паперу із заданою сухістю 95 %.

Отже, в ньому міститься: абсолютно–сухого волокна $1000 \cdot 0,95 = 950$ кг, води $1000 - 950 = 50$ кг.

Повздовжно-різальний верстат (ПРВ) З урахуванням 1% браку, що утворюється під час оброблення паперу ($1000 \cdot 0,01 = 10$ кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на ПРВ повинно поступити $1000 + 10 = 1010$ кг. В папері, що проходить через ПРВ міститься:

абсолютно–сухого волокна $1010 \cdot 0,95 = 959,60$ кг, води $1010,0 - 959,5 = 50,5$ кг.

Накат З урахуванням 1% браку, що утворюється під час намотування паперу ($1000 \cdot 0,01 = 10$ кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на накат повинно надійти $1010 + 10 = 1020$ кг п/с паперу.

З урахуванням вологи, в папері, що проходить через накат, міститься:

абсолютно–сухого волокна $1020 \cdot 0,95 = 969$ кг, води $1020 - 969 = 51$ кг.

Сушильна частина



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після пресів	2352,38	42,00	988,00	1364,38
Надійшло(всього)	2352,38		988,00	1364,38
На накат	1020	95,0	969,0	51,00
Втрати пару	1312,38	0,00	0,00	1312,38
В г/розб.сух.браку	20,00	95,00	19,00	1,00
Пішло (всього)	2352,38		988,00	1364,38

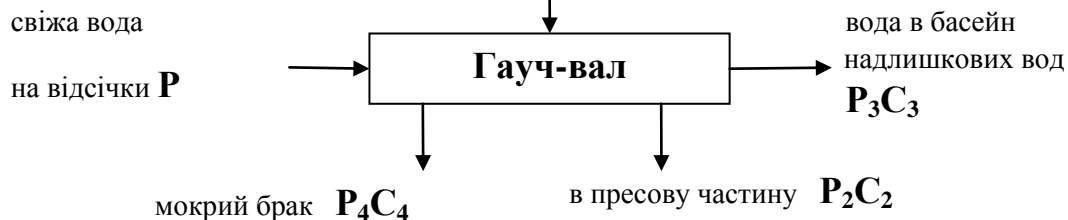
Пресова частина

свіжа вода для промивання сукон P_3 гауч-вала P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після гауч-вала	4985,03	20,00	997,01	3988,02
Св.вода на пр.сукон	8750,00	0,00	0,00	8750,00
Надійшло(всього)	13735,03		997,01	12738,02
На сушіння	2352,38	42,00	988,00	1364,38
Пресові води	2617,64	0,1000	2,62	2615,03
Води в/пром.сукон	8750,00	0,0010	0,09	8749,91
В г/зміш.мокр.браку	15,00	42,00	6,30	8,70
Пішло (всього)	13735,03		997,01	12738,02

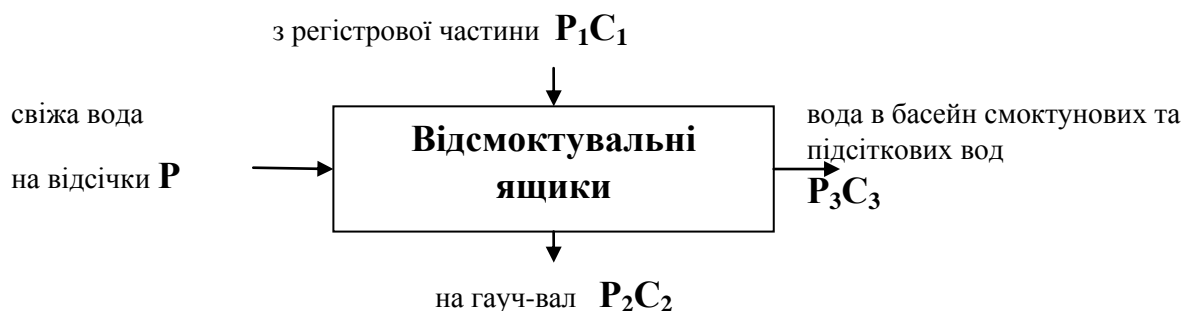
після відсмоктувальних ящиків P_1C_1



Гауч-вал

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після відсм.ящиків	6251,19	16,00	1000,19	5251,00
Св.вода на відсічки	3400,00	0,00	0,00	3400,00
Надійшло(всього)	9651,19		1000,19	8651,00
На пресову.частину	4985,03	20,00	997,01	3988,02
Води від гауч-вала	4651,17	0,0040	0,19	4650,98
В г/зміш.мокр.браку	15,00	20,00	3,00	12,00
Пішло (всього)	9651,19		1000,19	8651,00

Відсмоктувальні ящики



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після реєстр.частини	26424,74	3,90	1030,56	25394,17
Св.вода на відсічки	10200,00	0,00	0,00	10200,00
Надійшло(всього)	36624,74		1030,56	35594,17
На гауч-вал	6251,19	16,00	1000,19	5251,00
В бас.смокт.та підс.вод	30373,54	0,1000	30,37	30343,17
Пішло (всього)	36624,74		1030,56	35594,17

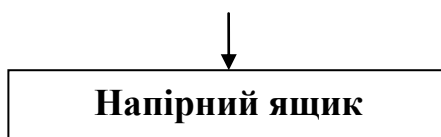
Регістрова частина



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після н.ящика	236727,46	0,60	1420,36	235307,10
Свіжа вода на пром.сітки	18500,00	0,000	0,00	18500,00
Надійшло(всього)	255227,46		1420,36	253807,10
На відсм.ящики	26424,74	3,90	1030,56	25394,17
Регістрові води	210302,73	0,1850	389,06	209913,67
В бас.смокт.та підс.вод	18500,00	0,0040	0,74	18499,26
Пішло (всього)	255227,46		1420,36	253807,10

Напірний ящик

із селективфайєра P_1C_1



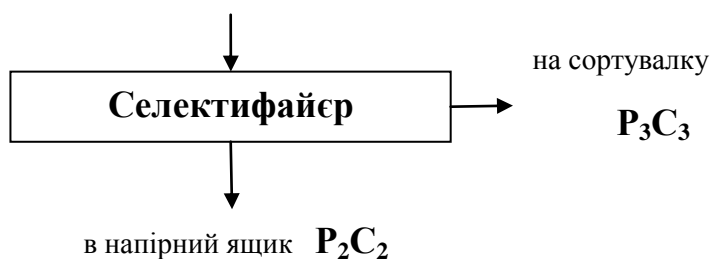
в реєстрову частину P_2C_2

$P_1 = 236727,46$; $C_1 = 0,6 \%$.

$P_2 = 236727,46$ кг; $C_2 = 0,6 \%$.

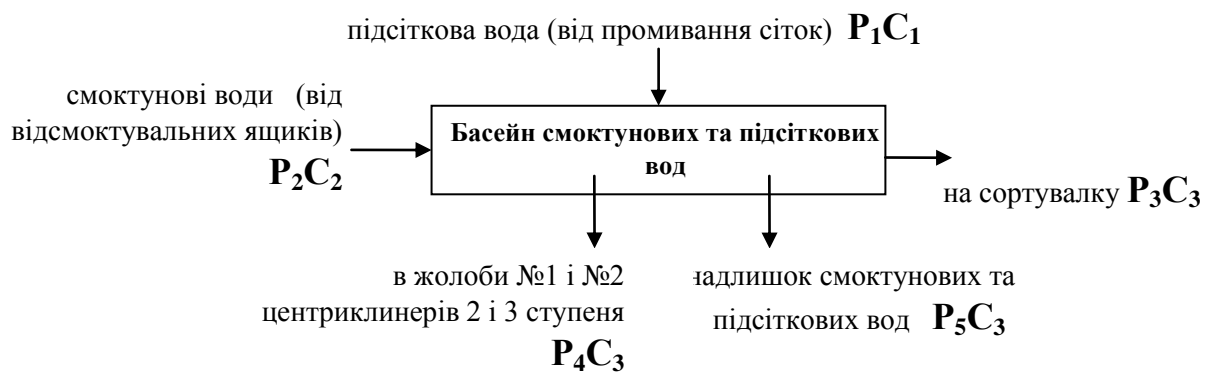
Селективфайєр

із змішувального насоса №1 P_1C_1



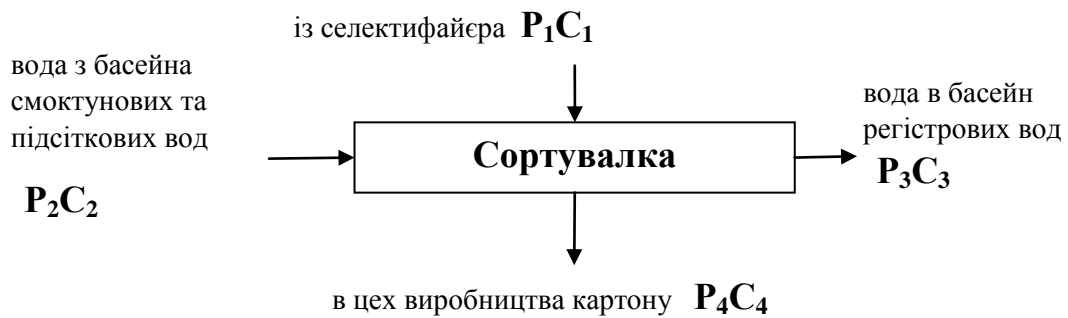
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.нас.№1	239094,50	0,6020	1439,30	237655,20
Надійшло(всього)	239094,50		1439,30	237655,20
На н/ящик	236727,46	0,6000	1420,36	235307,10
На плоску сортувал.	2367,04	0,8000	18,94	2348,10
Пішло (всього)	239094,50		1439,30	237655,20

Басейн смоктунових та підсіткових вод



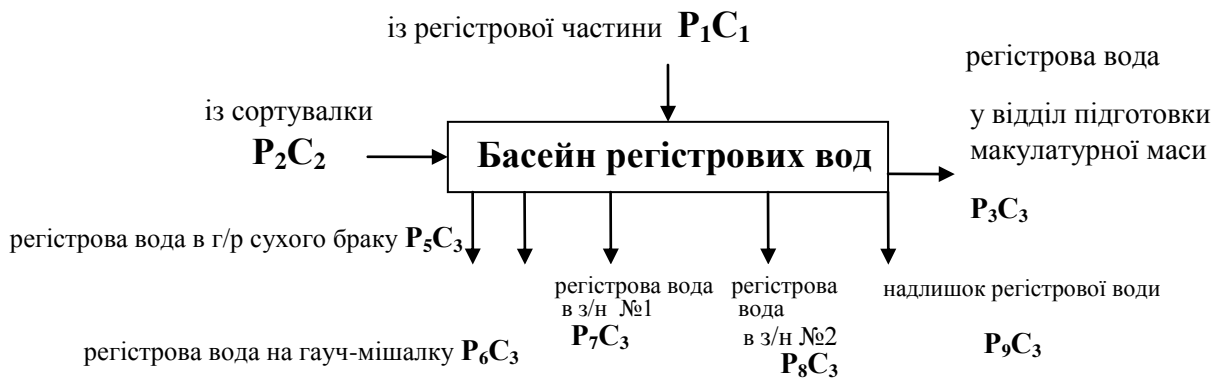
$C_3 = 0,0637 \%$.

Сортувалка



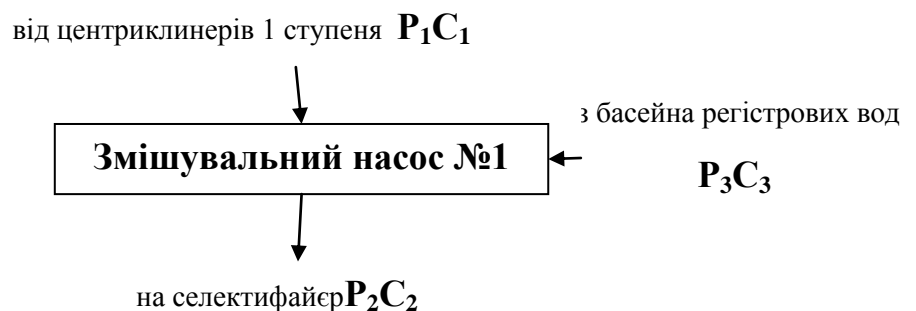
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З бас.смоктунових і підс.вод	850,00	0,0637	0,54	849,46
Після селективфайєра	2367,04	0,8000	18,94	2348,10
Надійшло(всього)	3217,04		19,48	3197,56
В бас.реєстр.вод	3211,88	0,6000	19,27	3192,61
Відходи	5,15	4,0000	0,21	4,95
Пішло (всього)	3217,04		19,48	3197,56

Басейн реєстрових вод



Частка волокна в басейні реєстрових вод = 0,1912%

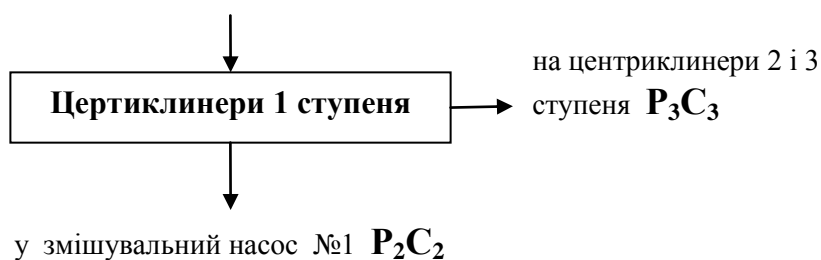
Змішувальний насос №1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	46065,28	0,1912	88,10	45977,18
Після центрик. Іст.	193029,22	0,7000	1351,20	191678,01
Надійшло(всього)	239094,50		1439,30	237655,20
На селективайер	239094,50	0,6020	1439,30	237655,20
Пішло (всього)	239094,50		1439,30	237655,20

Центриклинери I ступеня

із змішувального насоса №2 P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.насоса №2	205525,15	0,7304	1501,16	204023,99
Надійшло(всього)	205525,15		1501,16	204023,99
На змішув.насос №1	193029,22	0,7000	1351,20	191678,01
На центрик. II і III ст.	12495,93	1,2000	149,95	12345,98
Пішло (всього)	205525,15		1501,16	204023,99

Центриклинери I і II ступеня



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після центрик. I ст.	12495,93	1,2000	149,95	12345,98
З бас.сосун.і підс.вод	29601,84	0,0637	18,84	29582,99
Надійшло(всього)	42097,77		168,80	41928,97
В змішув.насос №2	41947,77	0,4000	167,79	41779,98
Відходи у відвал	150,00	0,6700	1,01	149,00
Пішло (всього)	42097,77		168,80	41928,97

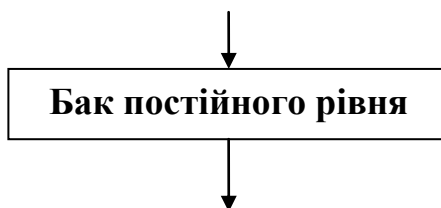
Змішувальний насос № 2



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	132733,94	0,1912	253,84	132480,09
Від центриклин. II ст.	41947,77	0,4000	167,79	41779,98
З БПР	30843,44	3,5000	1079,52	29763,92
Надійшло(всього)	205525,15		1501,16	204023,99
На центрикл. I ст.	205525,15	0,7304	1501,16	204023,99
Пішло (всього)	205525,15		1501,16	204023,99

Бак постійного рівня

з машинного басейна P_1C_1

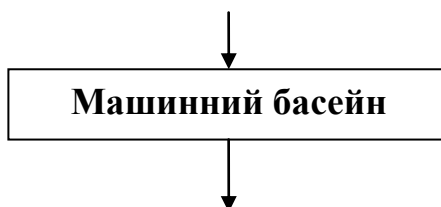


в змішувальний насос №2 P_2C_2

В баці постійного рівня не змінюється концентрація маси, приймаємо:
 $P_1 = 30843,44$ кг; $C_1 = 3,5$ %.

Машинний басейн

з композиційного басейна P_1C_1



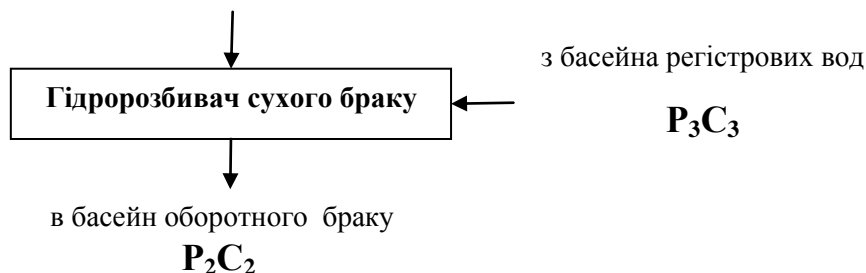
в бак постійного рівня P_2C_2

В машинному басейні не змінюється концентрація маси, приймаємо:
 $P_1 = 30843,44$ кг; $C_1 = 3,5$ %.

Розрахунок блоків перероблення сухого та мокрого браку.

Гідророзбивач сухого браку

відходи з ПРВ, сушильної частини, накату P_1C_1



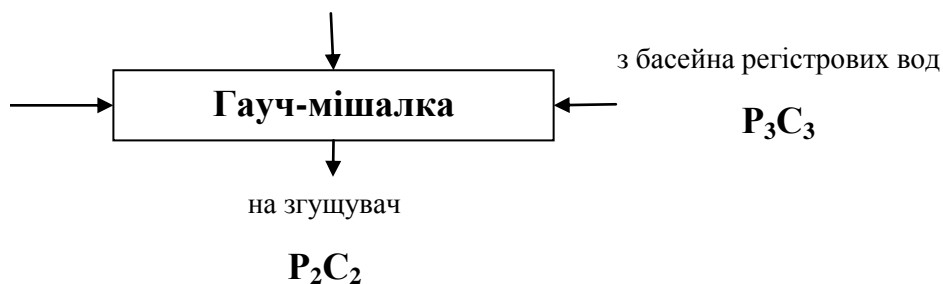
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З ПРС	10,00	95,00	9,50	0,50
З накату	10,00	95,00	9,50	0,50
З сушіння	20,00	95,00	19,00	1,00
З бас-ну рег.вод	1106,16	0,1912	2,12	1104,04
Надійшло(всього)	1146,16		40,12	1106,04
В басейн обор.браку	1146,16	3,5000	40,12	1106,04
Пішло (всього)	1146,16		40,12	1106,04

Гауч-мішалка

відходи з пресової частини P_1C_1

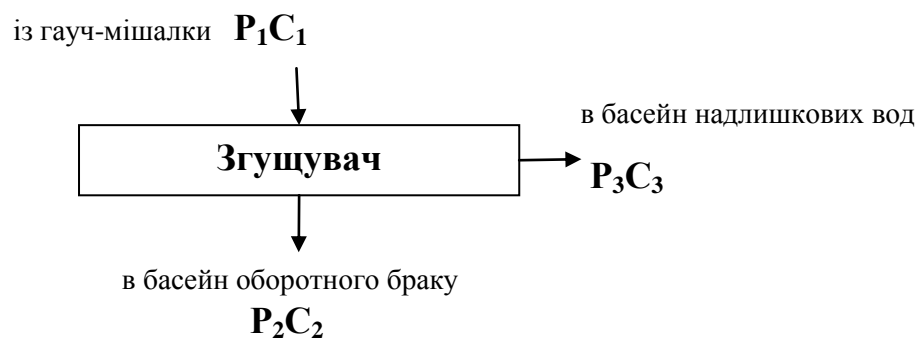
відходи від

гауч-вала P_4C_4



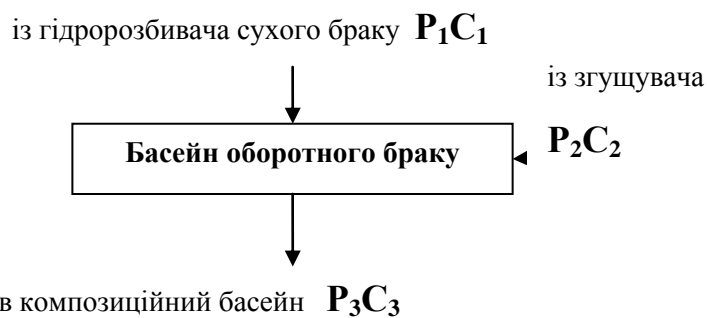
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З пресової частини	15,00	42,00	6,30	8,70
З гауч-вала	15,00	20,00	3,00	12,00
З бас-ну рег.вод	1488,28	0,1912	2,85	1485,43
Надійшло(всього)	1518,28		12,15	1506,13
На згущ.мокрого браку	1518,28	0,8000	12,15	1506,13
Пішло (всього)	1518,28		12,15	1506,13

Згущувач



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.мокр.браку	1518,28	0,8000	12,15	1506,13
Надійшло(всього)	1518,28		12,15	1506,13
В басейн обор.браку	333,49	3,5000	11,67	321,82
В басейн надл.вод	1184,78	0,0400	0,47	1184,31
Пішло (всього)	1518,28		12,15	1506,13

Басейн оборотного браку



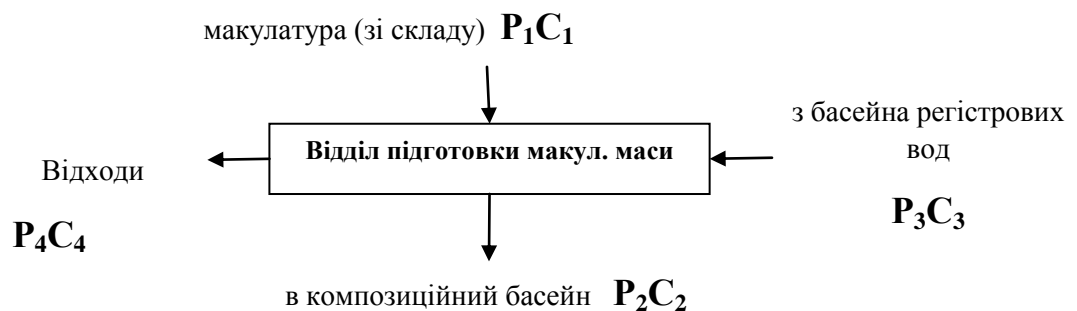
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З г/розбив.сух.браку	1146,16	3,50	40,12	1106,04
Зі зміш.мокрого браку	333,49	3,50	11,67	321,82
Надійшло(всього)	1479,65		51,79	1427,86
В композиц.басейн	1479,65	3,50	51,79	1427,86
Пішло (всього)	1479,65		51,79	1427,86

Композиційний басейн



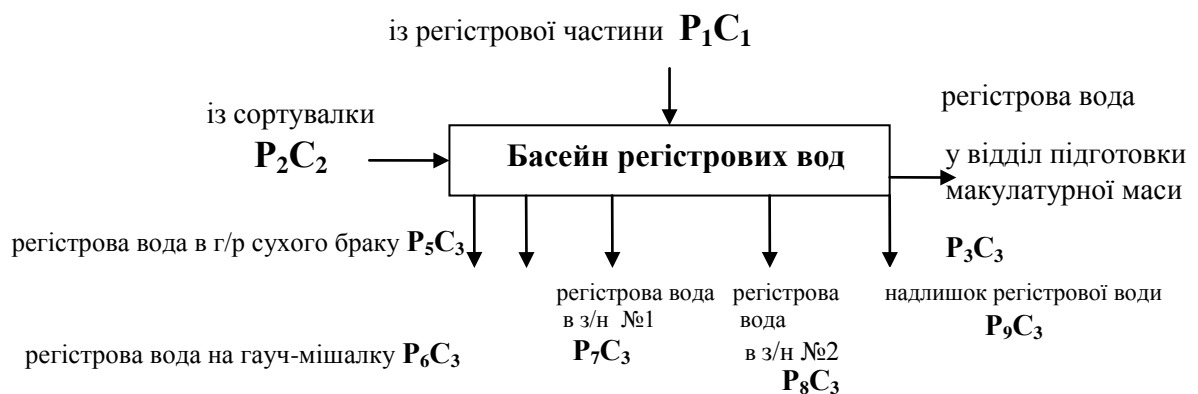
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/розбив.макулатури	28847,09	3,5000	1009,65	27837,44
	0,00	3,5000	0,00	0,00
Із басейна обіг.браку	1479,65	3,5000	51,79	1427,86
Скоп з диск.фільтра	516,70	3,5000	18,08	498,62
Надійшло(всього)	30843,45		1079,52	29763,92
В машинний басейн	30843,44	3,5000	1079,52	29763,92
Пішло (всього)	30843,44		1079,52	29763,92

Відділ підготовки макулатурної маси

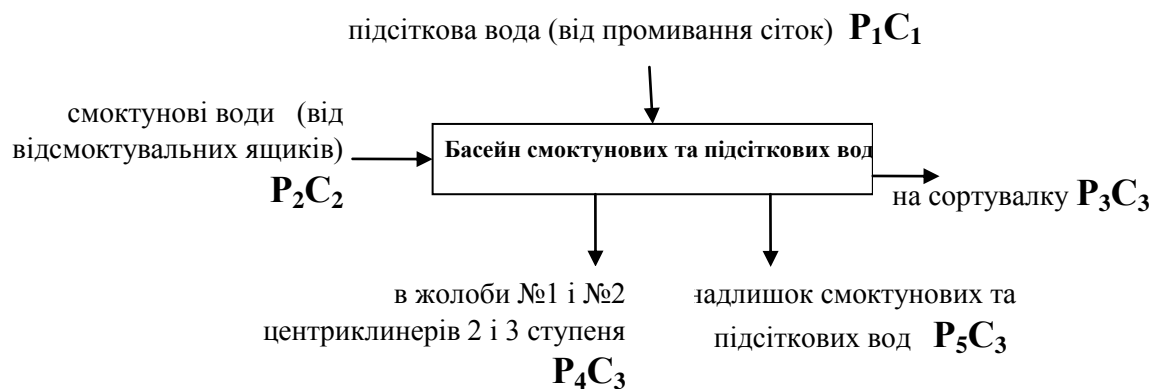


Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Макулатура зі складу	1158,88	88,00	1019,81	139,07
Вода з бас.рег.вод	29000,76	0,1912	55,46	28945,29
Надійшло(всього)	30159,64		1075,28	29084,36
Відходи сортув. та очищ.	1312,54	5,00	65,63	1246,92
В композиційний бас.	28847,09	3,50	1009,65	27837,44
Пішло (всього)	30159,64		1075,28	29084,36

Басейн реєстрових вод



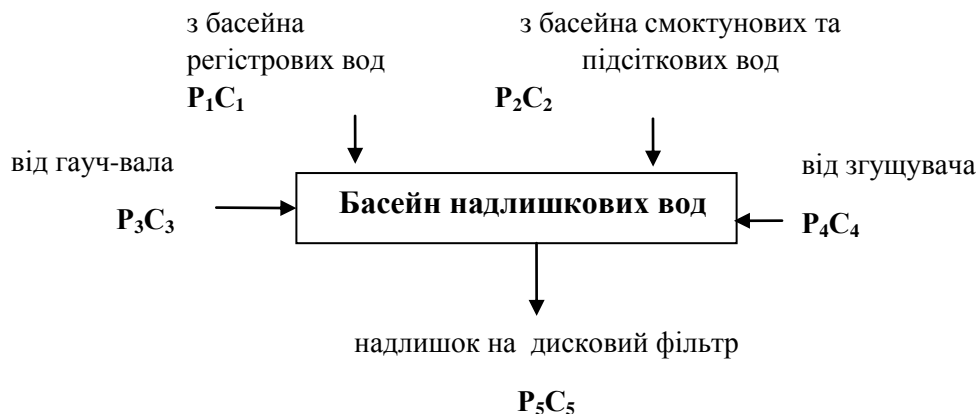
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З реєстрової частини	210302,73	0,1850	389,06	209913,67
Від плоск.сортув.	3211,88	0,6000	19,27	3192,61
Надійшло(всього)	213514,61		408,33	213106,28
На зм.насос №1	46065,28	0,1912	88,10	45977,18
На зм.насос №2	132733,94	0,1912	253,84	132480,09
У відділ підгот.макул.маси	29000,76	0,1912	55,46	28945,29
На г/розб.сухого браку	1106,16	0,1912	2,12	1104,04
На зміш.мокр.браку	1488,28	0,1912	2,85	1485,43



Басейн смоктунових та підсіткових вод

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Від відсмоктув.ящиків	30373,54	0,1000	30,37	30343,17
Від промив.сітки	18500,00	0,0040	0,74	18499,26
Надійшло(всього)	48873,54		31,11	48842,43
На сортувалку	850,00	0,0637	0,54	849,46
В жолоб №1 і №2	29601,84	0,0637	18,84	29582,99
В басейн надлишк.вод	18421,70	0,0637	11,73	18409,98
Пішло (всього)	48873,54		31,11	48842,43

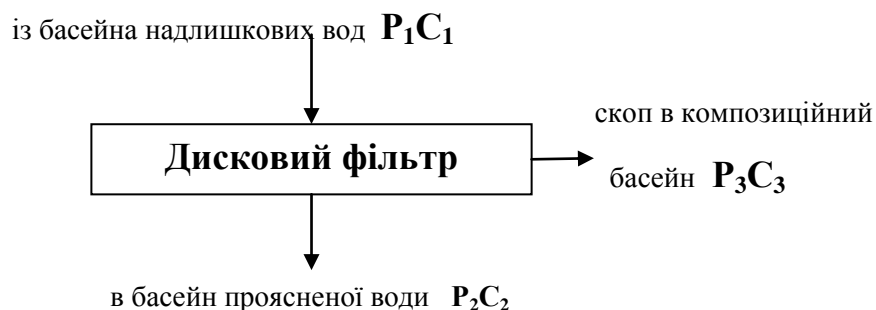
Басейн надлишкових вод



Отже, середньозважена масова частка волокна в басейні надлишкових вод = $17,36 \cdot 100 / 26859,41 = 0,067\%$.

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	3120,20	0,1912	5,97	3114,23
З басейну смокт. та підс. вод	18421,70	0,0637	11,73	18409,98
Від гауч-вала	4651,17	0,0040	0,19	4650,98
Від сгущ.мокр.браку	1184,78	0,0400	0,47	1184,31
Надійшло(всього)	27377,86		18,35	27359,50
На дисковий фільтр	27377,86	0,0670	18,35	27359,50

Дисковий фільтр



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну надл.вод	27377,86	0,0670	18,35	27359,50
Надійшло(всього)	27377,86		18,35	27359,50
В композиц.басейн	516,74	3,50	18,09	498,66
В басейн освітл.вод	26861,11	0,0010	0,27	26860,84
Пішло (всього)	27377,86		18,35	27359,50

2.3.3 Результати зведеного балансу води і волокна наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Результати зведеного балансу води і волокна

Таблиця зведеного балансу води і волокна		
Волокно (абс.сух.),кг	Надходження	Витрата
Макулатура	1 026,57	
Всього:	1 026,57	
Готова продукція		950,00
Відходи центриклінерів III ст.		1,01
З пресовими водами		2,67
Промивка сукон		0,07
На очисні споруди		0,20
Відходи сортувалки		11,54
Відходи відділу підготування маси		61,08
	Всього:	1 026,57
Вода, кг	Надходження	Витрата
З макулатурою	139,99	
	0,00	
Свіжа вода на промивання сіток	15 000,00	
Свіжа вода на відсічки відсм.ящиків	8 000,00	
Свіжа вода на промив. сукна	6 500	
Свіжа вода на відсічки в гаучі	2 500,00	
Всього:	32139,99	
З готовою продукцією		50,00
З парою при сушінні		1337,62
З відходами центр. III ст.		149,00
З пресовими водами		2670,40
Промивка сукон		6499,94
На очисні споруди		19995,50
З відходами сортувалки		277,05
З відходами відділу підготування маси		1160,50
	Всього:	32139,99

Для розрахунку безповоротних втрат волокна потрібно врахувати всі його втрати для даного виробництва. В даному випадку вони становлять:

$$1026,57 - 950,0 = 76,57 \text{ кг}$$

В такому випадку вимої волокна (*ВВ*) становлять:

$$ВВ = 76,57 \cdot 100 / 1026,57 = 7,45 \%$$

2.4 Вибір і розрахунок основного технологічного обладнання

Папероробна машина. Основним виробничим вузлом при виробництві картону для плоских шарів гофрокартону із 100 % макулатури є папероробна машина. Марка машини, що використовується К - 17, обрізна ширина – 4200 мм, необрізна – 4250 мм. Максимальна швидкість – 500 м/хв, за приводом – 550 м/хв. Привід має декілька двигунів. Потужність машини з виробництва картону масою 1 м² 175 г з 100 % макулатури розраховується виходячи з даних стосовно виробництва даного виду картону. Продуктивність машини розраховується за формулою:

Для вибору технологічного обладнання необхідно розрахувати продуктивність папероробної машини виходячи з формули:

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \cdot B_0 \cdot V \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2$$

де 0,06 – коефіцієнт для переведення швидкості за часом (хвилин в години)
та маси листа паперу в кілограми;

B_0 – обрізна ширина полотна паперу, м;

V – швидкість машини, м/хв.;

g – маса 1 м² полотна, г;

$K_1 = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує холостий хід машини;

$K_2 = 0,95-0,98$ – коефіцієнт використання максимальної швидкості машини.

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \cdot 4,2 \cdot 500 \cdot 175 \cdot 0,96 \cdot 0,95 = 20,10 \text{ т/год.}$$

Розрахуємо добову продуктивність КРМ із врахуванням того, що підприємство працює 22,5 год/добу:

$$Q_{\text{д}} = Q_{\text{год}} \cdot t_{\text{д}} = 20,10 \cdot 22,5 = 452,25 \text{ т/доб.}$$

Розрахуємо річну продуктивність машини із врахуванням того, що підприємство працює 345 днів/рік з врахуванням зупинок на ремонт та обслуговування.:

$$\text{ПП} = Q_{\text{д}} \cdot T_{\text{еф}} = 452,25 \cdot 345 \approx 156\,000 \text{ т/рік.}$$

Згідно з розрахованою продуктивністю КРМ в т/добу обираємо основне технологічне обладнання.

Гідророзбивач «TamPulper TP 2270 V»

Гідророзбивач призначений для одночасного розпускання маси та її сортування від важких та легких домішок.

Режим роботи – безперервний.

Корисний об'єм – 80 м³.

Діаметр отворів сита – 3 мм.

Діаметр ванни – 5300 мм.

Продуктивність – 600 т/доб.

Потужність двигуна - 630 кВт.

Діаметр ротора(верхній/нижній) 2000/2200 мм.

Трьохступенева система очистки середньої концентрації

Використовується для грубого очищення маси з метою видалення із макулатурної маси частинок з високою питомою масою, таких як металеві джгути, пісок та ін.

Технічна характеристика системи середнього очищення :

– перший ступінь - батарея "BANK 6 Celleco Twister":

кількість модулів - шість S – 8,

кількість очисників – 48;

– другий ступінь - батарея "Celleco Cleanpac 700crc":

кількість модулів - один S – 10,

кількість очисників – 10;

– третій - " Celleco Cleanpac 700 crc l4":

інтегрований модуль Fibermizer 0/2,

кількість модулів – один,

кількість очисників - 4+2.

Двоступенева система фракціонування «TamScreen TS»

Використовується для поділу волокна на різні фракції, які відрізняються лінійними розмірами.

Технічна характеристика фракціонатора «TamScreen TS40»:

Продуктивність - 500 т/добу.

Концентрація поступаючої маси – 1,37 %.

Діаметр отворів – 0,2 мм.

Діаметр -1250 мм.

Довжина - 1250 мм.

Потужність двигуна -160 кВт.

Сито – циліндричне.

Технічна характеристика фракціонатора «TamScreen TS10»

Продуктивність - 400 т/добу.

Концентрація поступаючої маси -1,2 %.

Діаметр отворів – 0,2 мм.

Діаметр - 1000 мм.

Довжина - 1000 мм.

Потужність двигуна - 160 кВт.

Сито – циліндричне.

Згущувач «VDF 5,2 L2 12(13)/350 HF»

Призначений для промивання та згущення волокна короткої фракції.

Технічна характеристика фільтра «VDF»:

Діаметр диска – 5200 мм.

Шаг – 350 мм.

Кількість дисків - 12(13).

Поверхня фільтрації 1-го диску 30,6 м².

Тип фільтруючого матеріалу – сітка з нержавіючої сталі.

Необхідна довжина барометричних труб – 7 м.

Двигун основного приводу – 11 кВт, 1500 об/хв.

Двигун шнека - розрихлювача - 11 кВт, 1500 об/хв.

Продуктивність – 450 т/доб.

Дисковий рафінер «30/32 DD 6000»

Призначений для розмелювання волокнистих напівфабрикатів.

Технічні характеристики дискового рафінера 30/32 DD 6000:

Продуктивність – 500 а.с.в. т/доб.

Концентрація на вході – 4-4,5 %.

Приріст ступеня млива – 8⁰ ШР.

Очікуване значення питомої енергії для підвищення міри помелу на 8⁰ ШР - 40 ч.кВт·год/т.

Питоме навантаження на кромку - 1,18 Дж/м.

Конфігурація – двопроточна.

Ротор - плаваючий, шліцьовий.

Механізм присадки – електромеханічний.

Гарнітура – литі сегментні диски з н/же стали.

Електродвигун – 630 кВт.

Сортувалка вібраційна СВ-02

СВ-02 використовується для сортування відходів від вузловловлювача. Схемою передбачено використання двох сортувалок.

Продуктивність – 45-60 т/добу.

Концентрація маси, що потупає - 4-15 %.

Площа сита – 1,2 м².

Діаметр отворів - 3 мм.

Машинний басейн

Виготовлений зі сталі 08Х22Н6Т, обладнаний перемішуючим пристроєм.

Об'єм ванни - 200 м³.

Діаметр - 2800 мм.

Потужність двигуна перемішуючого пристрою - 17 кВт.

Установка вихрових конічних очисників УВК-300-02

Продуктивність - 450 т/добу.

Концентрація очищеної маси - 1 %.

Пропускна здатність - 400 л/хв..

Діаметр -160 мм.

Отвір насадки - 24 мм.

Кількість очисників по ступеням:

I ст. – 114 шт.

II ст. – 32 шт.

III ст. – 6 шт.

Вузловловлювач УЗ - 13

Масова продуктивність (по пов.сух. волокну), не більше - 400 т/добу.

Загальна площа сит - 2,29 м².

Діаметр отворів сит – 1,4...2,4 мм.

Найбільша концентрація сортованої маси – 1,3 %.

Кількість лопатей ротора – 4 шт.

Частота обертання ротора – 310 хв⁻¹.

Потужність електродвигуна - 30 кВт.

Загальна маса – 3,0 т.

Гідророзбивач браку

Гідророзбивач УТМ призначений для безперервного розпускання сухого браку паперової машини.

Матеріал - нержавіюча сталь.

Об'єм ванни -70 м³.

Потужність перемішуючого пристрою -160 кВт.

Кількість обертів - 1000 об/хв.

Гауч-мішалка

Матеріал - залізобетон

Об'єм ванни – 70 м³.

Двигун - 110 кВт.

Діаметр ротора - 850 мм.

Потужність перемішуючого пристрою - 22 кВт.

Кількість обертів -1000 об/хв

Пульсаційний млин МП- 375:

Продуктивність 35-110 т/добу.

Масова концентрація суспензії 20-50 г/л.

Ступінь розпускання 65-96 %.

Габаритні розміри 2310 · 622 · 825 мм.

Маса 2200 кг.

Згущувач браку СШ-25-01

Згущувач шаберний призначений для згущення макулатурної маси від концентрації 0,4–1,0 % до 3,0–7,0 %.

Продуктивність - 50 т/добу по а.с.в.

Довжина циліндра - 4000 мм.

Діаметр циліндра - 2000 мм.

Частота обертання циліндра - 18 об/хв..

Діаметр шаберного валу - 665 мм.

Потужність двигуна - 11 кВт.

Частота обертання - 1460 об/хв.

Габаритні розміри - 5850x2970x3100 мм

Маса. - 11500 кг.

Напірні ящики

Гідродинамічні напірні ящики нижнього і верхнього шарів закритого типу з регульованим тиском повітряної подушки, з гасителем пульсацій. Конструктивно складаються з корпусу з нижньою губою, колектора з механізмом відкидання, турбулізатора, верхньої губи з механізмом вертикального і горизонтального переміщення, механізмами точного регулювання профілю випускної щілини з можливістю автоматичного управління поперечним профілем паперового полотна.

Поверхні деталей ящиків, дотичних до маси, піддаються ретельній поліровці і електрополіруванню.

Сіткова частина машини включає плоскосіткові столи нижнього і верхнього шарів консольного типу, що забезпечують якісне формування і зневоднення нижнього і верхнього шарів полотна картону. Сіткові столи оснащені валами, правками, натяжками, шаберами, спорсками. Гідропланки можуть бути зі зносостійкими вставками або керамічними. Передача верхнього шару полотна на нижню сітку здійснюється через спеціальний сітковий циліндр.

Пресова частина машини складається з попередньої пресової частини та основної.

Попередня частина складається з тривального комбі - пресу з центральним відсмоктуючим валом.

Основна пресова частина складається з:

- преса з комбінованим (жолобчаста і глуха перфорація) валом;
- преса з розширеною зоною пресування фірми "Белойт", складається з верхнього гладкого валу ($d = 1300$ мм) і башмачного модуля, на якому обертається поліуретановий чулок.

Сушильна частина папероробної машини - двох'ярусна, циліндрового типу, складається з 93 сушильних і двох холодильних циліндрів діаметром 1500 мм. По приводу сушильна частина складається з 8 груп: I приводна група включає 11 сушильних циліндрів, II - VII приводні групи - по 12 сушильних циліндрів кожна, VIII складається з 10 сушильних і 2 холодильних циліндрів.

Між VI і VII сушильними групами встановлений клеїльний прес.

Усі сушильні групи забезпечені синтетичними сітками. Сушильні циліндри 72 і 73, встановлені після клеїльного пресу, мають хромовану поверхню і працюють без сіток. Для продування синтетичних сіток передбачені сіткопродувні камери. Найбільший (розрахунковий) робочий тиск пари в сушильних циліндрах $P_{\text{надл.}} = 0,5 \text{ МПа (5 кгс/см}^2\text{)}$.

1. Циліндр сушильний. Зовнішній діаметр сушильного циліндра 1500 мм.

Циліндр складається з корпусу і кришок з цапфами. Усередині циліндра з приводного боку встановлений нерухомий сифон з плаваючою насадкою. Корпус і кришки сушильного циліндра виконані з сірого чавуну СЧ 21-40.

2. Циліндр холодильний. Діаметр циліндра 1500 мм, конструкція аналогічна сушильному.

3. Парова голівка призначена для підведення пари і відведення конденсату з сушильних циліндрів. Вона складається з корпусу, конденсатної і парової труб, зварених між собою, торцевого ущільнення (плоского графітного кільця і сифона) та інших деталей. Конденсатна труба, до якої кріпиться нерухомий сифон, виконана зовнішньою по відношенню до парової.

4. Установка водяної голівки призначена для подання і відведення охолоджувальної води в холодильний циліндр і складається з двох голівок, встановлених з лицьовою і приводної сторін і сполучених між собою колектором. При роботі голівки вода під тиском поступає з лицьового боку і через отвори в колекторі рівномірно по усій довжині розбризкується по внутрішній поверхні холодильного циліндра. Відведення охолоджувальної води нерухомим сифоном здійснюється на приводну сторону. Підведення стислого повітря, передбачене з приводного боку, призначене для створення перепаду тисків при відведенні води нерухомим сифоном. Найбільша кількість води, необхідна для охолодження холодильного циліндра, складає $120 \text{ дм}^3/\text{хв}$. Найбільш допустимий тиск повітря в холодильному циліндрі $0,15 \text{ МПа (1,5 кгс/см}^2\text{)}$. На трубопроводі підведення води до голівки встановлені фільтр, клапан, що вимикає подання води при зупинці циліндрів, і вентилі з ротаметрами для регулювання подання води в циліндри.

5. Вал сітководучий. Вал діаметром 367 мм виконаний із сталеві труби із запресованими по кінцях чавунними патронами і сталевими цапфами.

6. Вал папероведучий. Вал діаметром 370 мм виконаний із сталеві труби. Зовнішня поверхня валу покрита шаром міді завтовшки 1,5 мм. Привід здійснюється за допомогою канатика від сітководучого валу.

7. Розгінний вал. Вал діаметром 190 мм типу "Маунт-Хоуп" призначений для розтягування полотна паперу в поперечному напрямі, розпрямлення складок, що виникають після проклеювання. Вал виконаний так, що можна змінювати величину його вигину. З лицьового боку на валу встановлений шків канатикової заправки.

8. Установка натяжного валу. Натяжний вал діаметром 370 мм встановлений для підтримки заданого натягнення полотна паперу при його передачі з циліндра на каландр. Вал своїми опорами встановлений на тязі, яка сполучена з штоками діафрагм, розташованими знизу кожної тяги, а у верхній частині, над опорами, встановлені пружини. У нижніх діафрагмених камерах створюється тиск, що урівноважує масу валу, при цьому вал виводиться в середнє положення (без картону). Після заправки картонного полотна зусиллям пружини створюється потрібне натягнення полотна. Необхідний тиск на нижню діафрагму для облегчування валу близько 0,18 МПа (1,8 кгс/см²). Привід натяжного валу здійснюється від сітководучого валу через проміжний шків.

9. Натягнення сіток автоматичне, здійснюється пневматичним циліндром, визначається тиском повітря в циліндрі. Регулюється з пульта управління.

10. Правка сушільних сіток автоматична, встановлена на приводній стороні сушільної частини, маятникова, з мембранним облаштуванням подвійної дії.

11. Ручна правка з гвинтовим пристроєм служить для переміщення лицьової опори сукнонаправляючого валу, привідна сторона якого встановлена в автоматичній сукноправці. Ручна правка використовується в основному при первинній установці валу.

12. Шабер верхніх і нижніх циліндрів із зворотно-поступальним рухом встановлені на усіх циліндрах I і II сушільних груп і на обох холодильних циліндрах. На усіх циліндрах III і IV сушільних груп встановлені нерухомі шабери. У V і VI сушільних групах нерухомі шабери встановлені на першому і останньому сушільних циліндрах, а в VII сушільних групі - на першому, другому і останньому сушільних циліндрах.

Рух шабери здійснюється електроприводом, встановленим з лицьового боку. Зусилля притиску ножа до поверхні циліндра створюється за рахунок власної маси. Підйом і опускання шабери здійснюється поворотом рукоятки, на вісь якої насаджений ексцентрик. Матеріал ножів шаберів для циліндрів з покриттям -

текстоліт ПТК, для усіх інших циліндрів при пуску машини встановлюються ножі з бронзи або пластика.

13. Ніж для заправки призначений для отримання заправної смужки і косого зрізу полотна картону при заправці на клеїльний прес. Ніж клинового типу закріплений на каретці, поворотом якої підводиться до полотна паперу.

14. Заправка картону в сушильній частині розбита на 8 канатикових груп. Натягнення канатиків здійснюється натяжними станціями, по одній в кожній канатиковій групі.

15. Брак подається транспортером в гідророзбивач браку, встановлений під клеїльним пресом.

Сушіння картону проводиться поступово. Температура груп циліндрів по парі повинна знаходитися в межах:

3 група - 40-85 °С

2 група - 80-110 °С

1 група - 90-125 °С

3-а група - 65-110 °С

3-б група - 65-110 °С

1-а група - 90-125 °С

1-б група - 90-125 °С

Перепад тиску між сушильними групами:

1 та 2 - 0,4-0,7 кгс/см²

2 та 3 - 0,4-0,8 кгс/см²

1 а т а 1 б - 0,4-0,6 кгс/см²

3а та 3б - 0,4-0,6 кгс/см²

Система парозабезпечення сушильної частини передбачає примусову циркуляцію пари, що забезпечує постійність заданого теплового режиму в кожній групі сушильних циліндрів, а також можливість використання теплотмісту пари, що поступає, і високу теплопередачу шляхом примусового відведення газів, що не конденсуються.

Усі сушильні циліндри по підведенню пари розділені на послідовно сполучені групи, що мають паралельне підживлення гострою парою.

Досушувальна частина розділена по підведенню пари на верхні і нижні циліндри.

ІІІ група - 14 циліндрів - № 1-14

ІІ група - 19 циліндрів - № 15-33

І група - 38 циліндрів - № 34-71

ІІІ а група - 3 циліндра - № 73, 75, 77

III б група - 3 циліндра - № 72, 74, 76

I а група - 8 циліндрів - № 79, 81-93 (непарні номери)

I б група - 8 циліндрів - № 78, 80-92 (парні номери).

Підведення пари робиться з боку приводної частини.

Головний паропровід знаходиться під тиском насиченої пари.

$P_{\text{нас}} = 0,5 \text{ МПа}$.

З розподільних групових колекторів пара підводиться до кожного циліндра. Паропровідні і конденсатовідвідні труби мають запорні вентилі для відключення циліндрів. Відведення конденсату з сушильних циліндрів III, III- а і III- б груп здійснюється через конденсатовідводники з індивідуальним регулюванням.

Парові групи мають роздільне підведення свіжої пари з самостійно встановленими регулюючими клапанами, пов'язаними з системою автоматичного регулювання вологості полотна, що діють від відповідних датчиків.

Парові групи мають роздільне підведення свіжої пари з самостійно встановленими регулюючими клапанами, пов'язаними з системою автоматичного регулювання вологості полотна, що діють від відповідних датчиків.

Пароконденсатна суміш після виходу з групи поступає у відповідні водовіддільники для відділення конденсату. Усі водовіддільники циліндричної форми, сталеві, забезпечені манометрами і показчиками рівня.

Після водовіддільників II і III груп встановлені холодильники. Холодильник III групи сполучений з вакуум-насосом типу ВВН- 3, який призначений для регулювання тиску на виході. Конденсат з водовіддільників II і III груп по парі віддаляється насосом. На конденсатопроводі від конденсатних насосів встановлені регулюючі клапани і камерна діафрагма витратоміру конденсату.

Клеїльний прес похилого типу, встановлений між VI і VII сушильними групами. Кут нахилу площини, що проходить через осі валів, до горизонтальної площини складає 30°. Картон підводиться до валів згори.

Один з валів пресу - гумований, встановлений на поворотних опорах і притискається до другого за допомогою пневматичного мембранного механізму; другий вал - із стонитовим покриттям - встановлений на нерухомих опорах.

Вали пресу мають діаметр 800 мм, розрахунковий тиск між ними 30 кН/м (30 кгс/см). Обидва вали - приводні, бомбіровані на 0,3 мм по діаметру на лінійний тиск 15 кН/м (15 кгс/см). Клей наноситься на полотно паперу двома спростковими трубами, розташованими над валами пресу. Надлишок клею стікає у воронки, звідки спрямовується на вібросито, з якого поступає у бак крохмального клею. По краях валів передбачені щитки для вловлювання розбризкуваного клею.

Заправка полотна картону через клеїльний прес здійснюється системою заправних канатиків сушильної частини. Під час заправки картону торцевий щиток і воронка, встановлені на лицьовій стороні машини, відводяться за допомогою пневмоциліндру.

Накат периферичного типу з пневматичною системою притиску.

Найбільший діаметр намотуваного тамбура – 2200 мм.

Заправка полотна паперу на накат – канатикові.

Діаметр намотуваного тамбура - 600 мм.

Тамбурний вал діаметром - 420 мм.

Виготовлений із сталеві труби із запресованими в неї чавунними патронами і сталевими цапфами.

Циліндрична поверхня валу шліфувана.

Циліндр накату для зменшення електризації і для охолодження паперу може охолоджуватися водою і складається з чавунного барабана діаметром 1100 мм, до якого прикріплені сталеві кришки із запресованими в них цапфами.

Довжина утворюючої циліндра - 4500 мм.

Підведення і відведення води здійснюється з лицьового боку.

Заправка і перезаправка картонного полотна здійснюється за допомогою облаштування RCS – 2000.

Машинний каландр, завод «Ижтяжбуммаш», (шестивальний).

Маса - 60000 кг.

Нижній і верхній вали з регульованим прогином «Кюстерс»

Діаметр другого приводного валу - 500 мм.

Діаметр 3, 4, 5 валів - 400 мм.

Поздовжньо-різальний верстат

Максимальна швидкість - 900 м/хв.

Двигун - 59 кВт.

Кількість обертів - 1500 об/хв..

Продуктивність – 500 т/добу.

2.6 Розрахунок теплового балансу

Вихідні дані		
Продуктивність, кг / год	$G=$	20100
Початкова вологість матеріалу, %	$W_1=$	58
Кінцева вологість матеріалу, %	$W_2=$	5
Початкова температура матеріалу, °C	$t_1=$	20
Початкова температура повітря, °C	$\theta_1=$	15
Початкова вологість повітря	$F_1=$	0,4
Кінцева температура повітря, °C	$\theta_4=$	60
Кінцева вологість повітря	$F_2=$	0,84
Температура повітря після теплообмінників, °C	$\theta_2=$	30
Температура пари, що гріє, °C	$\theta_{\text{пар}}=$	138
Тепловий баланс сушки		
Стаття приходу / витрати тепла		Кдж/ч
Прихід тепла		
1. З парою, яка поступає в сушильні циліндри		1879619,69
2. З парою, яка поступає в калорифер		2877248,08
3. Тепло використане в теплообміннику		1852393,755
Всього		46609261,52
Витрата тепла		
1. На підігрів матеріалу		3418278,966
2. На сушіння в 2-му, 3-му періодах		37295087,4
3. На втрати в навколишнє середовище		338713,8916
4. На втрати з невикористаним повітрям		185239,3755
5. На підігрів повітря в теплообмінників		185293,755
6. На втрати які підуть з повітрям		3519548,134
Всього		46609261,52
Результати розрахунку		
Витрата пари в сушильній частині, кг / год	$D_1=$	19076,164
Витрата пари в калориферах, кг / год	$D_2=$	1310,5863

Загальна витрата пара, кг / год	D=	20386,75031
Витрата пари на 1 кг матеріалу, кг / год	D _{уд} =	1,6646
Кількість повітря, що подається в сушку, кг / год	L=	122756,2315
Кількість свіжого повітря, кг / год	L ₉ =	135031,8547
Поверхня теплопередачі для підігріву сушки, м ²	F ₁ =	39,86331155
Поверхня теплопередачі для сушіння, м ²	F _{2,3} =	522,3928379
Загальна поверхня теплопередачі, м ²	F=	562,2561495
Температура повітря на вході в суш. частини, °C	θ ₃ =	53,29889156
Температура матеріалу при сушці з постійною швид. °C	t ₂ =	60
Середня температура матеріалу в періодах 2, 3 °C	t ₄ =	78,9
Середня температура матеріалу, °C	t ₅ =	40
Температура матеріалу після сушіння, °C	t ₃ =	113,55

РОЗРАХУНОК КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ ПАПЕРУ

Вихідні дані

Продуктивність, кг/год	G =	20100
Початкова вологість матеріалу, %	W ₁ =	58
Кінцева вологість матеріалу, %	W ₂ =	5
Початкова температура матеріалу, °C	t ₁ =	20
Початкова температура повітря, °C	θ ₁ ¹ =	15
Початкова вологість повітря	F ₁ =	0,4
Температура нагріву в калорифері	θ ₁ =	300
Температура оточуючого середовища	θ ₀ =	25
Поверхня сушильної камери	F _{ск} =	160

Матеріальний баланс сушіння

Надходження	КГ/Ч
1. Суха речовина	3590,33
2. Волога з сухою речовиною	4388,18
3. Сухе повітря	45950,01
4. Волога з повітрям	143,62
Всього	54072,14
Витрати	

1. Суха речовина	3590,33
2. Волога з сухою речовиною	149,59
3. Сухе повітря	45950,01
4. Волога з повітрям	4382,20
Всього	54072,14

Тепловий баланс сушіння

Статті надходження/витрати тепла	КДЖ/Ч
Надходження тепла	
З повітрям при підігріванні в калорифері	13174343
Всього	13174343
Витрати тепла	
1. На підігрів матеріалу	470093,87
2. На сушіння в 2-му, 3-му періодах	10317678
3. На втрати в навколишнє середовище	3025,64
4. На втрати з повітрям, що йде	2311288,3
Всього	13174343
Витрати повітря на сушіння, кг/год	$L = 45950,01$
Сумарні витрати тепла в сушильній частині, кдж/год	$Q = 10863055$
Витрати тепла на 1кг матеріалу, кдж/кг	$Q_o = 3025,64$
Поверхня матеріалу для підігріву, м ²	$F_1 = 36,26$
Поверхня матеріалу для сушіння, м ²	$F_2 = 899,14$
Загальна поверхня матеріалу, м ²	$F = 935,40$
Температура повітря на виході з суш. частини, °С	$\theta_3 = 65$
Середня температура повітря в камері, °С	$\theta = 182,5$
Середня температура матеріалу, °С	$t^1 = 30$
Ср. температура матеріалу в 2,3 періодах, °С	$t_{2,3} = 47,5$
Температура матеріалу після сушіння, °С	$t_3 = 61,25$

3 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ

3.1 Фізико-хімічні і санітарно-гігієнічні характеристики шкідливих, вибухо-, пожежонебезпечних речовин

Охорона життя і здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності, створення безпечних умов праці — одне з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від підготовки фахівців всіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці [12].

Під час експлуатації обладнання технологічної лінії на обслуговий персонал можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори [12]:

- машини та механізми, що рухаються;
- незагороджені елементи устаткування, що рухаються та обертаються;
- підвищена температура поверхні обладнання (в сушильній частині машини);
- небезпечний рівень напруги в електричній мережі;
- підвищена або знижена температура і відносна вологість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень пилу в повітрі робочої зони;
- підвищений рівень статичної електрики;
- важкість та напруженість праці;
- перебування робітника в зоні можливого падіння вантажу (під час роботи крана) [12].

Сучасний розвиток науки і техніки приносить принципові нововведення у всі сфери матеріального виробництва, що істотно міняє технологічні процеси та використовувані матеріали [12]. У свою чергу зміни технології й устаткування приводять до трансформації умов праці і трудового процесу в цілому. Тому в процесі розробки нової техніки необхідно провести науковий аналіз можливих

небезпечних виробничих чинників та і розробити способи, які мінімізують їх несприятливий вплив на працівників [12].

У даному розділі дана оцінка умов праці робочих папероробного цеху, на підставі чого розроблені заходи направлені на забезпечення здорових і безпечних умов праці, пожежної і екологічної безпеки [12].

3.2 Виробниче освітлення

У проектованому цеху передбачено природне, штучне та суміщене освітлення. Природне освітлення однобічне, та здійснюється в денний час доби через вікна цеху.

По характеристиці зорової роботи підприємство, в якому проводиться спостереження за ходом виробничого процесу відноситься до IV розряду (середньої точності)[12].

Виробництво безперервне, саме тому передбачено штучне освітлення в нічний час доби. Аварійне та евакуаційне.

Ввечері та протягом ночі використовують такі види світильників як люмінесцентні лампи та лампи розжарювання.

Для системи електричного освітлення підібрані пиловологонепроникні світильники ПВЛ-6, люмінесцентні лампи потужністю 40 Вт, кількістю -50 шт. Також встановлені ртутні лампи високого тиску ДРЛ-400 кількістю – 38 шт. Для рівномірного світлорозсіювання, стіни розфарбовані у світлі тонна згідно СНиП 181-70[12].

Норма освітленості (СНиП II-4-79) на ділянках має складати:

- розпуск целюлози, розмелювання	- 75
- мокра частина ПРМ	- 75
- сушильна частина ПРМ	- 180
- накат ПРМ	- 150
- ділянка різання паперу	- 200

3.3 Пожежна безпека

Сировина, проміжні та готові продукти не є вибухонебезпечними та токсичними. Враховуючи те, що під час виробництва використовується велика кількість горючих матеріалів, пожежі можуть виникати на сушильній частині, в районі ПРВ, на складах макулатури та готової продукції [12].

В цілях протипожежної безпеки на підприємстві систематично видаляється пил з пресової частини ПРМ, своєчасно забирається паперовий брак, змащувальні матеріали зберігаються в металічних ящиках у відведених місцях, палити дозволяється в спеціально відведених місцях.

В разі виникнення пожежі необхідно вимкнути вентиляцію, а швидкість машини понизити до мінімальної. Зупинити машину слід по особливому розпорядженню. Також при первинній пожежній небезпеці повинні бути здійснені первинні заходи пожежогасіння. Вони призначені для ліквідації невеликих осередків загоряння, а також для гасіння пожеж в початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єкту до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

До первинних методів пожежогасіння відноситься: вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні ковдри) і пожежний інструмент (ломи, сокири і т. п.) [12].

Вогнегасники і пожежний інвентар забарвлені в червоний колір, а бочки з водою і ящики з піском також мають відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується в чорний колір [12].

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються у виробничому приміщенні. Такі бочки повинні бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8 л.

Ящики для піску мають місткість 0,5, 1,0 або 3,0 м³ і повинні бути укомплектовані совковою лопатою.

Протипожежні ковдри, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубо шерстної тканини, повинні мати розмір не менше 2х1 м і 2х2 м [12].

Пожежна безпека пресової частини відповідає вимогам нормативних актів.

3.4 Шум і вібрація

Під час виробничого циклу на робочих місцях, ділянках та на території всього підприємства виникають шум та вібрація. Характеристики цих механічних впливів містяться в ДСН 3.3.6.037–99 та ДСН 3.3.6.039–99. Шум і вібрації здійснюють шкідливий вплив на організм людини та її нервову систему, може з'являтися безсоння, відбуватись зниження працездатності, порушуватись слух [12].

Джерелами шуму та вібрацій є рухомі частини машини, приводи, крани, насоси, вентилятори, дискові млини та інше обладнання.

Рівень шуму в цеху не повинен перевищувати 75 дБА [12]. Контроль за рівнем шуму проводиться 1 раз на рік за допомогою шумоміра ВШВ-003.

Для захисту працівників від шуму та вібрацій передбачено ряд заходів:

1. Встановлення звукоізоляційних кабін для робітників в залах ПРМ та РПВ.
2. Винесення шумного та вібруючого обладнання в окреме приміщення.
3. Ізолювання джерел шуму та вібрацій, звуко- та вібропоглинання.
4. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту згідно ГОСТ 12.4.001–75 ССБТ.

3.5 Електробезпека

Всі процеси на виробництві пов'язані з використанням електрообладнання і виробничі приміщення відносяться до зон з підвищеною небезпекою згідно ПУЕ, оскільки присутні такі умови небезпеки, як наявність струмопровідної підлоги (залізобетонної), відносна вологість більше 75 % та ін. [12].

Електроустаткування живиться від трифазної електричної мережі змінного струму частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю 220/380 В.

За ГОСТ 12.1.038 – 84 допустиме значення струму, що протікає через тіло людини при нормальному режимі роботи електроустановки, $I_{л} = 0,3 \text{ мА}$, напруга дотику $U_{д} = 2 \text{ В}$. При аварійному режимі $I_{л} = 6 \text{ мА}$, $U_{д} = 36 \text{ В}$.

Порівнюючи розрахункові значення $I_{л}$ і $U_{д}$ з нормативними, бачимо, що при порушенні вимог ПУЕ в цеху може відбуватись враження працівників електричним струмом, призводячи до різних видів електротравм.

Тому необхідно вживати заходи і засоби, щоб попередити травмування людей. Електробезпека в відповідності з ГОСТ 12.1.019 – 79 забезпечується організаційними і технічними заходами. До організаційних відносяться інструктажі та навчання безпечним методам праці, перевірка знань з правил техніки безпеки та інструкцій, вірна організація праці, контроль над виконанням робіт відповідальної особи з ІТР [12].

Технічні заходи:

1. Електрична ізоляція, яка запобігає протіканню струмів через неї завдяки великому опору (не менше 0,5 МОм), подвійна ізоляція.
2. Розташування струмоведучих частин на недосяжній висоті (2700 мм) або в недоступному місці забезпечує безпеку без огорожень та блокувань.
3. Використання малих напруг, джерелом яких є знижувальні трансформатори.
4. Занулення, яке усуває небезпеку ураження людей струмом за рахунок автоматичного вимкнення пошкодженої установки від електромережі.
5. Блокування (електричне, електромеханічне та механічне), яке полягає у відключенні напруги.
6. Орієнтація в електроустановках, яка забезпечується маркуванням частин обладнання, попереджувальними сигналами і знаками, надписами і табличками, пофарбуванням і кольором неізованих струмоведучих частин, розпізнавальним забарвленням органів керування та ін. [12].

Обслуговування діючих електроустановок, проведення в них оперативних переключень, організація та виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і випробувань здійснюються спеціально підготовленим електротехнічним персоналом [12].

4 СТАРТАП ПРОЕКТ

Результати магістерської дисертації були покладені в основу стартап-проекту.

4.1 Опис ідеї стартап-проекту

Ідея полягає в підвищенні конкурентоздатності продукту шляхом зниження його собівартості та підвищення фізико-механічних показників картону для плоских шарів гофрокартону. Це можливо завдяки дослідженням, в ході яких визначено оптимальні витрати крохмального клею для підприємства ПрАТ «Київський КПК».

Як відомо [17,19] основною проблемою в процесі виробництва картону для плоских шарів гофрокартону є його собівартість та поступове зниження якості макулатурної сировини, так як на сьогоднішній час в Україні не працює жодний завод з виробництва целюлози.

Для вирішення цих проблем пропонується використання модифікованого крохмального клею за умови дотримання оптимальних режимів його застосування та раціонального режиму підготовки макулатурної маси [27,29]. Цей шлях дозволить зменшити витрати вихідної сировини та підвищити якість картону для плоских шарів гофрокартону.

4.2 Аудит динаміки і основних тенденцій внутрішнього ринку

У 2020 році в Україні було вироблено 1055 тис. тон продукції в картонно-паперовій галузі, що на 4,7% більше, ніж роком раніше [1]. При цьому виробництво картону для плоских шарів та картону склало майже 60% від загальної кількості. Це насамперед пов'язано зі зростом виробництва гофрокартону.

У 2020 р. найбільшими виробниками тарного картону та картону для плоских шарів стали:

1. Рубіжанський КТК – 220 тис.тон;
2. Київський КПК – 141 тис. тон;
3. «Понінківська КПФ - Україна» + ТОВ "Понінківський КПФ" – 73 тис. тон;
4. ТОВ "Луцька КПФ- Україна"+ ТОВ "Луцька КПФ" – 46 тис. тон;
5. ВАТ "Жидачівський ЦПК" – 31тис. тон

Слід зазначити, що на українському ринку виробників споживчої упаковки з картону працюють понад 50 вітчизняних виробників.

4.3 Аналіз зовнішнього маркетингового середовища

Аналіз факторів мікроркетингового середовища здійснюється у відповідності з параметрами, наведеними в таблицях 4.3 – 4.7

Таблиця 4.3 – Підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Політико-правове середовище країни-партнера	Продаж товару за кордон	Відносини між країнами	Необхідність закупки компонентів для виготовлення товару з різних країн
Зовнішня політика країни	Продаж товару за кордон	Відносини між країнами	Необхідність реалізації товару в різних країнах
Зовнішня політика країни	Закупівля компонентів для виготовлення товару	Відносини між країнами	Необхідність закупки компонентів для виготовлення товару з різних країн

Таблиця 4.4 – Підсумкова таблиця факторів економічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можли- вості	Загрози	
Рівень розвитку виробництва		Обладнання, не дає можливості збільшення обсягу виробництва	Підписання контрактів на вироблення електродної продукції виробниками
Економічний потенціал країни		Низький потенціал, що не дозволяє виготовляти певні компоненти (пристрої, плати).	Закупівлю необхідних пристроїв проводити у країні партнері.
Конкуренти, які створюють дешевшу продукцію		Створення нової економічно вигідної продукції	Розроблення системи знижок для компаній-партнерів
Відсутність опалення через аварії на ТЕЦ		Неможливість працівникам працювати	Встановлення автономного опалення

Таблиця 4.5 – Підсумкова таблиця факторів науково-технічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Конкуренти, які створюють продукцію новітніми технологіями		Створення нової економічно вигідної продукції	Створення технічних лабораторій по розробці нових технологій Проведення семінарів і обмін досвідом з компаніями-партнерами. Залучення студентів та молодих фахівців

Таблиця 4.6 – Підсумкова таблиця факторів демографічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Вихід на пенсію працівників у поважному віці	Заощадження на зарплаті	Недосвідчен і спеціалісти	Проведення постійних тренінгів для молодих фахівців. Заключити контракт з ВНЗ, який випускає спеціалістів по потрібному профілю та прийняття студентів на практику.

Таблиця 4.7 – Підсумкова таблиця факторів соціо-культурного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Непорозуміння між працівниками, що представляють різні культурні класи		Зниження якості роботи	Робити презентації та тренінги щодо культурної спадщини різних народів, а також віросповідань.

Таблиця 4.8 – Підсумкова таблиця факторів природного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Відсутність опалення через аварії на ТЕЦ		Неможливість працівникам працювати	Встановлення автономного опалення
Погана погода		Неможливість транспортування	Окремі пункти у договорі про можливі додаткові дні поставок у зв'язку з погодними умовами

4.4 Аналіз факторів мікромаркетингового середовища

Таблиця 4.9 – Підсумкова таблиця впливу конкурентів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Ціна вища ніж у конкурентів		Люди не будуть купувати товар	1.Розробка систем знижок 2. Проведення демонстрацій і «чорної реклами», де буде показана вища якість
Використання нових технологій		Продукція конкурентів буде більш якісна	Постійний обмін досвідом з науковими-дослідними інститутами; Премії за нововведення

Таблиця 4.10 – Підсумкова таблиця впливу споживачів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Ціна більша за середню		Люди будуть брати дешевшу продукцію	1.Розробка систем знижок 2. Проведення демонстрацій і «чорної реклами», де буде показана вища якість

Таблиця 4.11 – Підсумкова таблиця впливу постачальників

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Постачання не в термін		Замовлення будуть виготовлеви невчасно	Давати певний проміжок на час виготовлення
Постачання не якісної продукції		Якість систем керування не відповідатиме заданій	Встановлення штрафів постачальникам за брак продукції

Таблиця 4.12 – Підсумкова таблиця впливу контактних аудиторій

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Реклама у соціальних мережах	піар	Отримання конкурентами інформації про технології	Використання поверхневої реклами, прив'язка до телефонних змовлень; захист інформації.
ЗМІ	піар	Викидання негативної інформації в ЗМІ	Мати свій канал і знайомих журналістів. Можливо, відкрити своє інформантство паралельно

4.5 Аналіз конкуренції на ринку

Таблиця 4.13 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції : Чиста	Ніхто не може вплинути на ситуацію на ринку безпосередньо. Лише інновації та вигідні пропозиції	Система знижок, програми лояльності. Акції.
2. За рівнем конкурентної боротьби : національна (згодом і міжнародна)	Треба орієнтуватися спочатку на національний ринок. Після формування імені підприємства, можна переходити (і потрібно) на міжнародний ринок.	Підприємство повинно мати відповідну продуктивність, щоб забезпечити потребу ринку на рівні країни.
3. За галузевою ознакою : внутрішньогалузева.	Виробництво картону для плоских шарів належить до целюлозно-паперової промисловості.	Використання нових технологій виробництва.
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно- родова; -товарно-видова	Конкуренція між різноманітними видами товарів, що можуть виконувати схожі функції. Конкуренція між товарами одного виду	Виробництво більш дешевого та якісного паперу для гофрування.
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Виробництво з використанням новітніх технологій.	Удосконалення технології виробництва.
6. За інтенсивністю: марочна	Після створення підприємства буде створена марка під якою будуть випускатися всі види продукції, які виготовлятимуться.	Підприємство всі свої товари об'єднуватиме новітнім процесом виробництва паперу.

Таблиця 4.14 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Новий підхід до виробництва паперу для гофрування	Спосіб виготовлення продукту відрізняється від традиційного використанням новітніх технологій, які дозволяють зменшити собівартість. Крім того, впровадженням модернізації обладнання – встановленням тряско-сітки на формуючій частині ПРМ.
2.	Доступна ціна	Використання методів для здешевлення тепло-енергоресурсів
3.	Наявність сировинних ресурсів та хімікатів	Зменшення використання сировини та енергоресурсів.
4.	Ступінь задоволення додаткових потреб споживача	Підвищується якість паперу для гофрування.

Таблиця 4.15 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін впровадження виробництва паперу і картону

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів- конкурентів						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Новий підхід до виробництва картону для плоских шарів	16					•		
2.	Доступна ціна	20							•
3.	Наявність сировинних ресурсів	14				•			
4.	Ступінь задоволення додаткових потреб споживача	20							•

4.6 Вибір цільових груп потенційних споживачів

Таблиця 4.16 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Фізичні особи (широка громадськість)	Готові до переходу на використання паперу для гофрування.	Потенційний попит є значним.	Значна інтенсивність конкурентів.	Ввійти в сегмент не просто, оскільки на ринку є конкуренція
2.	Виробники брендових товарів та послуг	Готові, оскільки паперові матеріали із логотипом фірми користуються популярністю.	Попит значний через велику кількість фірм та підприємств, які бажають розмістити додаткову рекламу.	Значна інтенсивність конкурентів.	Ввійти в сегмент не легко, оскільки вже існують виробники паперу-основи.
Які цільові групи обрано: Фізичні особи, виробники брендових товарів та послуг					

Таблиця 4.17 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія Охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Виробництво картону для плоских шарів.	Диференційований маркетинг	Нова економічна технологія виробництва картону для плоских шарів . Менша ціна на готову продукцію в порівнянні з конкурентами.	Диференціації

Таблиця 4.18 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	Буде переорієнтовувати споживачів тому, що ринок переповнений, але завдяки інноваціям там меншій собівартості є можливість вийти в лідери	Оскільки основна мета конкурентів і даного проекту – це забезпечити виробництво більш якісною сировиною, тому, характеристики останнього будуть відповідати основним стандартним вимогам.	Постійно досконалювати технологію і обладнання для виробництва картону для плоских шарів для зниження собівартості продукту і росту його якості

Таблиця 4.19 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Низька вартість, якість, швидке виконання замовлень.	Стратегія диференціації	Нова економічна технологія виробництва картону для плоских шарів . Менша ціна на готову продукцію в порівнянні з конкурентами.	1. Для виготовлення паперу- використовують інноваційні методи виробництва, що підвищують якість та зменшують собівартість.

4.7 Висновки до 5 розділу

На основі проведеного дослідження, можна зробити висновок, що впровадження стартап проекту: «Підвищення рівня і стабільності якості картону для плоских шарів шляхом вивчення властивостей, обладнання та технології його виробництва і впровадження новітніх досягнень в цій галузі», є перспективним, оскільки дозволяє зменшити собівартість готової продукції та покращити її якість.

ВИСНОВКИ

1. Інноваційні рішення та пропозиції, що наведено в дисертаційній роботі, мають свої спрямування, які забезпечують підвищення ефективності використання ресурсів, а саме: макулатури та більш широкого застосування чистих та екологічно безпечних технологій та мають за мету підтримати економічний розвиток суспільства та добробут його громадян [18].

2. В результаті проведених досліджень за використання математичних моделей встановлено, що підвищення ступеня заміщення клею з 0,037 до 0,053 та збільшення витрати клею з 0,8 % до 1,8% (до 18 кг\1 т продукції) дає можливість покращити комплекс показників міцності зразків картону за умови введення клею в процесі розмелювання, а саме:

а. показник опору плоскостному стисненню зростає з 196 Н до 260 Н, що означає покращення показника в 1,32 рази;

в. показник абсолютного опору продавлюванню зростає з 286 кПа до 394 кПа, що означає покращення показника в 1,37 рази;

с. показник абсолютного опору торцевому стисненню зростає з 1,3 кН\м до 2,3 кН\м (за дози 8,0 кг\1 т продукції), що означає покращення показнику майже в 1,76 рази.

3. Наведено основні положення стандартів та технічних умов на сировину, хімікати та готову продукцію (картону для плоских шарів гофрокартону).

4. Розраховано матеріальний баланс води та волокна. Для виробництва 1 т готової продукції необхідно 1 026,57 кг макулатури. Витрата свіжої води становить 32,14 м³ на 1 т. готової продукції. Вимої волокна на сітці становлять 7.5 %.

5. Проведено розрахунок та вибір основного та допоміжного технологічного обладнання.

6. Розраховано тепловий баланс контактного сушіння картонного полотна на картонноробній машині.

7. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів виробництва і техніки безпеки на виробництві.

8. Наведено Стартап проект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Офіційний сайт асоціації українських підприємств целюлозно-паперової галузі «УкрПапір» <http://www.ukrpaper.org>.
- 2 Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для ВУЗов. – М: «Лесная промышленность», 1988, - 440 с.
- 3 Иванов С.Н. Технология бумаги. – М: «Школа бумаги», 2006, -690 с.
- 4 Шитов Ф.А. Технология бумаги и картона, - М. «Высш. школа», 1978. – 376с.
- 5 Примаков С.П., Барабаш В.А., Технологія паперу і картону: навчальний посібник для вузів. – Київ: Екмо, 2002. – 396 с.
- 6 Легоцкий С.С., Гончаров В.Н. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. – М.: Лесн. Пром-сть, 1990. – 224с.
- 7 ДСТУ 7798-2015.Папір для гофрування. Технічні умови.
- 8 Нормативно-техническая документация и ГОСТы на сырье, и готовую продукцию.
- 9 Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів спеціальності «Хімічна технологія переробки деревини та рослинної сировини». – К.: КФТП, 2001.-68 с.
- 10 С.Г. Жудро «Основы проектирования целлюлозно – бумажного предприятия» Издательство Москва «Лесная промышленность» 1965.- 303 с.
- 11 Бумагоделательное оборудование. Каталог. – ЗАО «Петрозаводск-маш».: Издательство «Скандинавия», 2002 г.
- 12 Справочник по охране труда и техника безопасности в химической промышленности. Правила и инструкции по работе с оборудованием и механизмами и по обращению с вредными веществами. М. Химия, 1971.- 454 с.
- 13 Справочник бумажника. Т-II. М.: Изд-во «Лесн. пром-ость», 1965. - 852 с.
- 14 Handbook of Paper and Board. H. Holik (Ed.), Copyright © 2006 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. – 524 p.

15 Технологія паперу та картону: Метод. вказівки до виконання розрахунків матеріального балансу води і волокна для студентів напряму підготовки 0513 – «Хімічна технологія» програми професійного спрямування 6.051301 «Хімічна технологія переробки деревини та рослинної сировини». Уклад.: Плосконос В.Г., Примаков С.П., Черьопкіна Р.І., Антоненко Л.П., Мовчанюк О.М. – К.: НТУУ "КПІ", 2011. – 54 с.

16 Офіційний сайт компанії «Фойт Пейпер» <http://voith.com>.

17 Зозулев, А.В. Промышленный маркетинг: стратегический аспект [Текст]: учеб. пос. / А.В. Зозулев. – Харьков: Студцентр, 2005. – 328 с.: ил.; табл. – Библиогр. 86 наим. (с. 321-325). – 800 экз. – ISBN 966-7530-38-8.

18 Офіційний сайт компанії PRPulping <https://pulppr.com>.

19 Ресурсоефективне та чисте виробництво: Навчальний Посібник з впровадження ресурсоефективного та більш чистого виробництва (UNIDO Cleaner Production Toolkit), <http://recpc.kpi.ua/ua/resursnye-materialy-2/posibnik-yunido-pochistomu-virobnitstvu>.

20 Плосконос В.Г. Прогнозирование загрязненности оборотных и сточных вод производства картона и бумаги из макулатуры: Авторефер. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Ленинград, 1987, -177 с.

21 Замоуев Б.М. Использование воды в целлюлозно-бумажном производстве. – М.: Лесн. Пром-сть, 1998. – 216с.

22 Кожевников С.Ю. Химия и технологи СКИФ для бумаги/ С.Ю. Кожевников, И.Н. Ковернинский. – М.: Изд-во Московского государственного университета леса, 2010. – 91с.

23 Плосконос В.Г., Якименко О.С. "Використання методу групового врахування аргументів для розроблення інформативних планів експерименту в дослідженні систем виробництва паперу та картону", /Вісник НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2019, Наук.зб., № 1 (18), с.92 -96.

24 Плосконос В. Г. Синтез математичних моделей з використанням комп'ютерних технологій з метою прогнозування рівнів забруднення водопотоків

технологічних систем виробництва паперу та картону //Міжнародний науковий журнал "Інтернаука".-2019. № 12(74), с.34-38, DOI: 10.25313/2520-2057-2019-12-5186.

25 Плосконос В. Г., Букіна Я.І. Наукові аспекти пошуку оптимальних умов використання модифікованих кукурудзяних крохмальних клеїв у виробництві паперу та картону//Міжнародний наукометричний журнал "Інтернаука". - 2019. - №13 (75), с.42 -51.

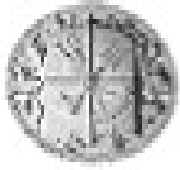
26 Плосконос В.Г. "Нові тенденції в методології дослідження стану складних систем картонно-паперового виробництва",/Вісник НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2020, Наук.зб., № 1 (19), с.65 -70.

27 Ластов'як Ю. Я, Назаренко Д.С., Плосконос В.Г. "USE OF MODIFIED WHEAT STARCH ADHESIVES FOR THE IMPROVEMENT OF QUALITY PAPERWAY" \ \ Зб.тез доповідей ХУІІІ міжнародної наук.-практ.конф. студ.,аспір.та молодих учених "Ресурсо-енергозберігаючі технології та обладнання", К.:, 2020, 21-22.05, с.139 -142.

28 Ластов'як Ю. Я, Назаренко Д.С., Порохов Д.В., Плосконос В.Г. "RESEARCH INFLUENCE OF THE MILLING PROCESS ON QUALITY INDICATORS OF PAPERWAY" \ \ Зб.тез доповідей ХХУІ Всеукраїнської наук.-практ.конф. студ.,аспір. і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів", К.: 2020, 21-22.05,с.46 -49.

29 Ластов'як Ю. Я, Назаренко Д.С., Плосконос В.Г. "Використання модифікованих пшеничних крохмальних клеїв з метою підвищення якості паперового полотна" \ \ Зб.тез доповід. ХХІ наук.-практ.конф. "Екологія. Людина. Суспільство", К.:, 2020, 21-22.05, с.199-200.

ДОДАТОК



Національний технічний університет України

**«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут технічної теплофізики НАН України

Інститут Газу НАН України

Грузинський технічний університет

**Збірник тез доповідей XVIII міжнародної
науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених**

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ”**

21-22 травня

Київ 2020

USE OF MODIFIED WHEAT STARCH ADHESIVES FOR THE IMPROVEMENT OF QUALITY PAPERWAY

Undergraduate students Lastovyak Yu., Nazarenko D.,
technical sciences candidate, senior scientist, assistant professor Ploskonos V.G.

National Technical University of Ukraine

“The Igor Sykorsky Polytechnical Institute of Kyev”

Анотація. В ході виконання роботи проведено дослідження з метою виявлення позитивного впливу модифікованих пшеничних крохмальних клеїв на комплекс фізико-механічних показників паперового полотна. Зважаючи на те, що основним цінним компонентом макулатури є целюлозні волокна, дослідження, які проведені під час виконання даної дослідницької роботи, спрямовані на максимально можливе утримання цих волокон паперовим полотном без суттєвого погіршення його якості. Проведено серію експериментів за використання в якості зміцнювального агента пшеничного крохмалю. З метою скорочення кількості дослідів та підвищення інформативності експерименту попередньо розроблено матрицю експериментальних досліджень за використання критеріїв інформативності та шумостійкості. За результатами експериментальних досліджень будуть розроблені математичні моделі, дослідження яких дасть експериментатору можливість відслідкувати всі процеси, що відбуваються за використання пшеничного крохмалю, та підібрати оптимальні його дози в процесі виготовлення певного виду паперу із заданими фізико-механічними властивостями.

Ключові слова: крохмальні клеї, паперове полотно, фізико-механічні показники, матрицю експерименту, математичні моделі.

Summary. In the course of the work, a study was conducted to identify the positive effect of modified wheat starch adhesives on the complex of physical and mechanical parameters of the paper web. Considering that the main valuable component of waste paper is cellulose fibers, the researches carried out in the course of this research work are aimed at the maximum possible retention of these fibers with paper web without any significant deterioration of its quality. A series of experiments were conducted to use wheat starch as a fortifying agent. In order to reduce the number of experiments and increase the informativeness of the experiment, a matrix of experimental studies has been pre-developed using informative and noise immunity criteria. According to the results of the experimental researches, mathematical models will be developed, the researches of

which will give the experimenter the opportunity to trace all the processes occurring with the use of wheat starch and to find the optimal doses of it in the process of making a certain type of paper with the given physical and mechanical properties.

Key words: starch adhesives, paper cloth, physico-mechanical parameters, experiment matrix, mathematical models..

The purpose of this work is to study the effect of modified wheat starch adhesives on the complex of physical and mechanical parameters of the paper web in the process of its formation.

As is known [1,2], the secondary fiber, which is obtained in the process of recycling waste, is today an important source of raw materials for the manufacture of paper and cardboard in the enterprises of the industry. However, partial or complete replacement of expensive pulp for waste paper in cardboard and paper products leads to a number of technological problems, although the cost of finished products is reduced. Considering that the main valuable component of waste paper is cellulose fibers, the researches carried out in the course of this research work are aimed at the maximum possible retention of these fibers with paper web without any significant deterioration of its quality.

To maximize the trapping of fibers on the mesh of the paper machine and to maintain a complex of physico-mechanical parameters of products manufactured at a sufficiently high level, starch adhesives are used.

As adhesive agents for paper and cardboard cloth, starch adhesives are widely used in the world practice of cardboard and paper production [3]. The prospect of increasing the use of starch in the cardboard and paper industry is also explained by the fact that starch is a renewable natural product. Starch is a complex carbohydrate that is regarded as a polymerization product containing several thousand monosaccharides in the molecule. The role of starches is especially increasing in the context of deficiency of high quality cellulose fiber. The environmental benefits of using starches as a means of enhancing the production of fine fibers on the paper machine mesh are related to the natural nature of the starches themselves.

To enhance starch retention, synthetic polymers are added, or modified starch is used instead of conventional starch. This approach increases the retention of starch on the fiber of the paper web in the process of releasing the paper pulp to the grid of the paper machine, respectively, and during pressing and drying of the paper web. Thus, it is possible to reduce the degree of pollution of the sewage, namely: saturation with fine fibers.

Non-modified starch, modified starch, starch phosphates, starch diesters and low-substitution starch acetates may be used in the waste weight compositions.

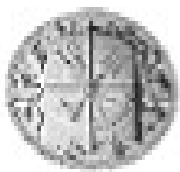
Normal unmodified starch is rarely used because of its poor solubility. Starch dispersion in cold water has no binding force. The stickiness of the starch is properly linked to the gelatinization temperature, which is a parameter dependent on the plant from which the starch is made. Starch paste obtained from unmodified starch has a relatively high viscosity at a very low concentration of dense particles. Another disadvantage is that starch is not related to cellulose fibers that are negatively charged. This impairs the retention of starch in the process of forming a paper web. Modifications are used to eliminate these disadvantages.

In the process of modification, the hydrolysis (break) of glycosidic bonds occurs, resulting in a decrease in the molecular weight of starch polysaccharides and a decrease in the viscosity of its dispersions. Particular attention should be paid to cationic modified starches, which may be the most unique class of starch derivatives that have recently become widespread. Their large scale of industrial importance lies in their affinity for negatively charged cellulose molecules. Thus, in solution, starch 'sticks' to the fibers, which helps to increase its retention on the canvas and, accordingly, the physical and mechanical properties of paper or cardboard.

Thus, in the course of research, a series of experiments were conducted to use wheat starch as a fortifying agent. In order to reduce the number of experiments and increase the informativeness of the experiment, a matrix of experimental studies was previously developed using informative and noise immunity criteria [4]. According to the results of experimental researches, mathematical models will be developed [5], the researches of which will give the experimenter the opportunity to trace all the processes occurring with the use of wheat starch and to find the optimal doses of it in the process of making a certain type of paper with the given physical and mechanical properties.

References

1. *Primakov SP, Barbash VA* Paper and cardboard technology: A guide for universities in Kiev. ECMO - 2008. - 396 p.
2. *Ivanov SN* Paper technology. - M.: Easy. 2006, 696 p.
3. Review information. The use of starch glue in the manufacture of packaging. Cellulose, paper and cardboard. - M.: VNIPIEI Lesprom. - 1985.-№10.-p.36-45.
4. *Ploskonos VG* The use of computer technologies in the development of plans for experimental research of complex technological systems for the production of paper and cardboard // International Scientific Journal "Internauka" .- 2018.- № 21 (61), vol.3, p.50-54. DOI: 10.25313 / 2520-2057-2018-21-4428.



Національний технічний університет України

**«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

**Зб.тез доповідей XXVI Всеукраїнської наук.-
практ.конф. студ.,аспір. і молодих вчених**

**” Обладнання хімічних виробництв і
підприємств будівельних матеріалів ”**

21-22 травня

Київ 2020

RESEARCH INFLUENCE OF THE MILLING PROCESS ON QUALITY INDICATORS OF PAPERWAY

*Undergraduate students Lastovyak Yu., Nazarenko D., Porokhov D.,
technical sciences candidate, senior scientist, assistant professor Ploskonos V.G.*

National Technical University of Ukraine

“The Igor Sykorsky Polytechnical Institute of Kyev ”

Анотація. В ході виконання роботи проведено дослідження з метою дослідження та визначення оптимального градуса млива макулатурної маси в умовах використання крохмального клею із модифікованого кукурудзяного крохмалю різного ступеня заміщення: 0,035, 0,042, 0,053. Однією з головних проблем розширеного використання макулатури в якості сировини для виробництва різних видів паперу та картону є відновлення паперотворних властивостей вторинних волокон [1,2]. Аналіз наявної інформації показує, що фізико-механічні показники паперового полотна, виготовленого з макулатурної маси, значно поступаються аналогічним показникам в результаті використання первинного волокна. Основними причинами, які знижують відповідні показники вторинних волокон, є: зрговіння волокон і руйнування капілярів в процесі сушіння, природне старіння целюлозних волокон, а також несприятливий фракційний склад макулатурної маси, який залежить від технології виготовлення видів паперу, які входять до складу макулатури. Існують різні способи підвищення міцних показників якості паперу. Одним з таких способів - це проклейка, коли в масу або на поверхню додають різні допоміжні хімічні речовини (ДХВ) [3].

Ключові слова: *градус млива маси, крохмальні клеї, паперове полотно, фізико-механічні показники.*

Summary. In the course of the work, a study was conducted to investigate and determine the optimum degree of grinding mill waste in the conditions of use of starch glue of modified corn starch of different degrees of substitution: 0,035, 0,042, 0,053. One of the major problems with the expanded use of waste paper as raw material for the production of various types of paper and cardboard is the restoration of the paper-forming properties of secondary fibers [1,2]. Analysis of the available information shows that the physico-mechanical indices of the paper web made from waste paper are significantly inferior to the analogous indicators resulting from the use of primary fiber. The main causes that reduce the corresponding performance of the secondary fibers are: bending of the fibers and destruction of the capillaries in the drying process, the natural aging of the pulp fibers, as well as the unfavorable fractional composition of waste paper, which depends on the technology of production of types of paper in the composition. There are various ways to improve strong paper quality. One of these is sizing when various auxiliary chemicals (DHA) are added to the mass or to the surface [3].

Key words: degree grinding mass, starch adhesives, paper cloth, physical and mechanical parameters.

One of the major problems with the expanded use of waste paper as raw material for the production of various types of paper and cardboard is the restoration of the paper-forming properties of secondary fibers [1,2].

Analysis of the available information shows that the physico-mechanical indices of the paper web made from waste paper are significantly inferior to the analogous indicators resulting from the use of primary fiber.

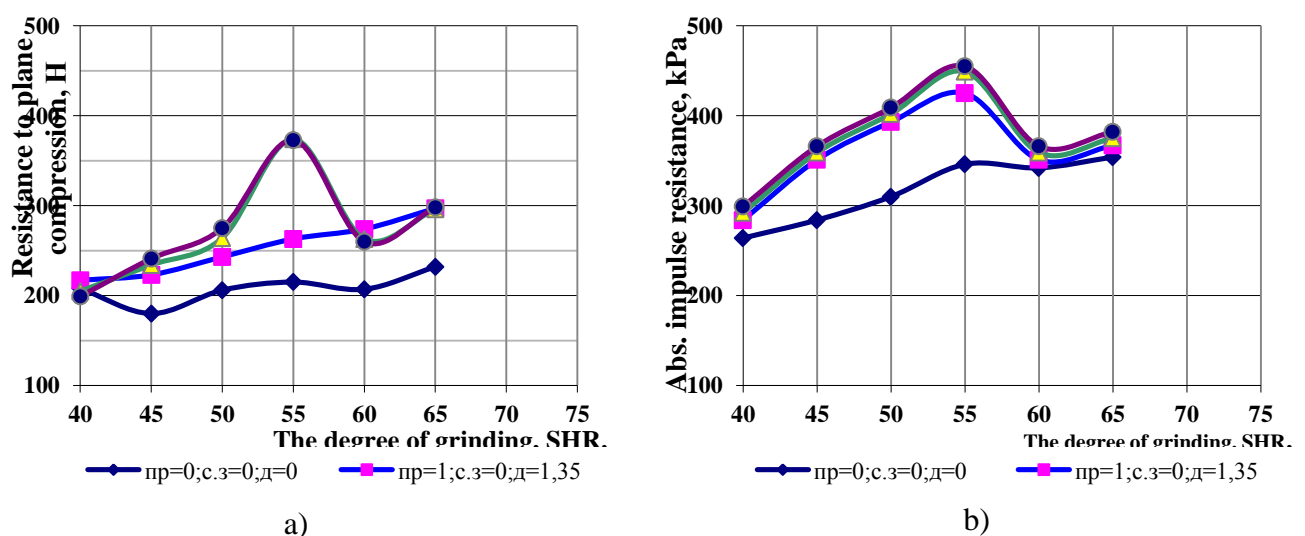
The main causes that reduce the corresponding performance of the secondary fibers are: bending of the fibers and destruction of the capillaries in the drying process, the natural aging of the pulp fibers, as well as the unfavorable fractional composition of waste paper, which depends on the technology of production of types of paper in the comp. There are various ways to improve strong paper quality. One of these is sizing when various auxiliary chemicals (DHA) are added to the mass or to the surface [3].

The purpose of this work is to investigate and determine the optimum degree of grinding mill waste in the conditions of use of starch glue of modified corn starch of different degrees of substitution: 0,035, 0,042, 0,053. Starch adhesive should increase the physical and mechanical performance of corrugated paper.

The studies were carried out under laboratory conditions and using mathematical models [3] in the range of varying the degree of grinding from 40 to 70 OWR. The weight of 1m² of samples was tried to withstand at 125 g.

Conducted 4 series of experiments, namely: waste paper without sizing; waste paper with sizing of unmodified corn glue (consumption 13,5 kg / t); waste paper with sizing modified corn glue (replacement degree 0,035; consumption 16 kg \ t); waste paper with sizing with modified corn glue (replacement degree 0,053; consumption 18 kg \ t).

In Fig. 1 shows the graphs of the dependence of the indices of resistance to planar compression, the absolute resistance to punching, the specific tear resistance and surface water absorption of paper samples from the degree of grinding mass.



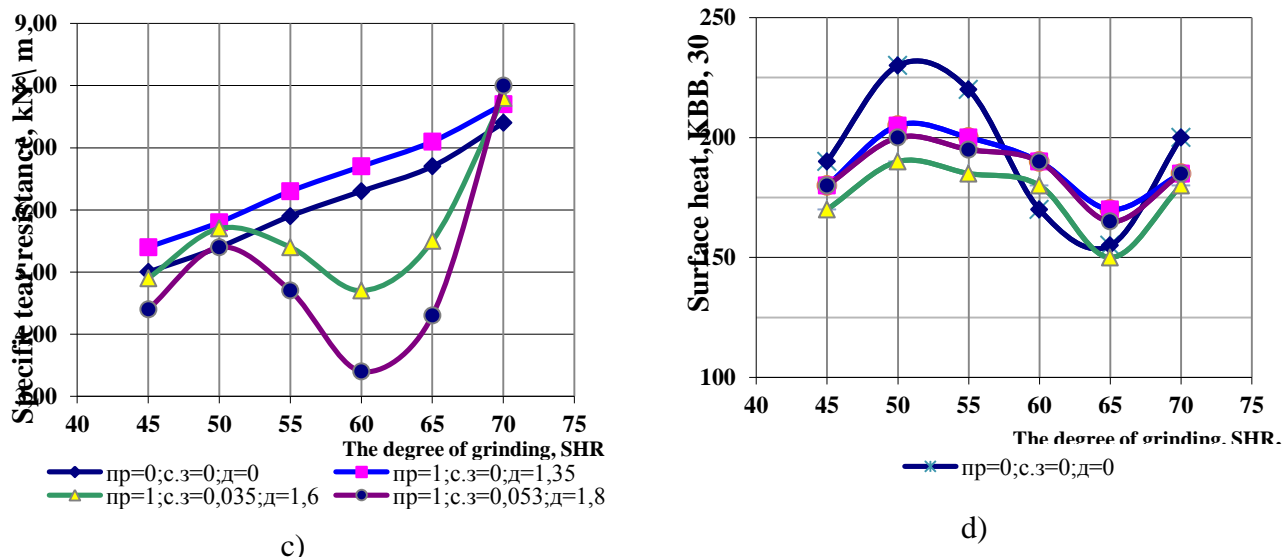


Figure 1 Graphs of dependence of physico-mechanical characteristics of castings on the degree of grinding mass: a) resistance to plane compression; b) the absolute resistance to pushing; c) specific tear resistance; d) surface water absorption of paper samples.

Thus, in the course of the experimental studies, it was found that the optimal degree of grinding for waste paper brand MC-5B in terms of resistance to planar compression and absolute resistance to extrusion is within 55° W. In terms of the specific tear resistance in the case of using unmodified adhesive, the optimum value of the degree of grinding can be considered as 70° SHR, at which the maximum value of the specific tear resistance approaching 8.0 is reached. However, if a modified adhesive is used (with a degree of substitution of 0.035 to 0.053), then two optima can be observed: 50° ShR at which the value of the specific tear resistance of 5.8-6.0 is reached, and 70° ShR at which the maximum value is reached specific tear resistance approaching 8.0.

According to the indicator of surface water absorption, the expedient limit at which the indicator reaches the minimum value is 65° SH.

References

1. Primakov SP, Barbash VA Paper and cardboard technology: A guide for universities in Kiev. ECMO - 2008. - 396 p.
2. Ivanov SN Paper technology. - M.: Easy. 2006, 696 p.
3. Ploskonos VG, Bukina E.I. Scientific Aspects of Finding the Optimal Conditions for the Use of Modified Corn Starch Adhesives in Paper and Cardboard Production // International Scientific Journal "Internauka". - 2019. - №13 (75), p.42 -51.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Зб.тез доповідей ХХІ наук.-практ.конф.
"Екологія. Людина. Суспільство

21-22 травня

Київ 2020

ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ ПШЕНИЧНИХ КРОХМАЛЬНИХ КЛЕЇВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА

магістранти Ластов'як Ю., Назаренко Д., доцент, к.т.н. Плосконос В.Г.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
пр. Перемоги, 37, Київ-56, 03056
e-mail: <dimon.nazarenko.2015@mail.ru>

Метою даної роботи є дослідження впливу модифікованих пшеничних крохмальних клеїв на комплекс фізико-механічних показників паперового полотна в процесі його формування.

Як відомо [1,2], вторинне волокно, яке отримують в процесі переробки макулатури, на сьогоднішній день є важливим джерелом вихідної сировини для виготовлення паперу та картону на підприємствах галузі. Разом з тим, часткова або повна заміна дороговартісної целюлози на макулатуру в композиції картонно-паперової продукції призводить до виникнення ряду технологічних проблем, хоча собівартість готової продукції знижується. Зважаючи на те, що основним цінним компонентом макулатури є целюлозні волокна, дослідження, які проведені під час виконання даної дослідницької роботи, спрямовані на максимально можливе утримання цих волокон паперовим полотном без суттєвого погіршення його якості.

З метою максимального уловлювання волокон на сітці папероробної машини та для утримання комплексу фізико-механічних показників продукції, що виготовляється на достатньо високому рівні, використовують крохмальні клеї.

В якості зміцнювальних агентів для паперового та картонного полотна крохмальні клеї широко використовуються у світовій практиці картонно-паперового виробництва [3]. Перспектива збільшення обсягів використання крохмалю в картонно-паперовій галузі пояснюється ще і тим, що крохмаль це поновлюваний природний продукт. Крохмаль є складним вуглеводом, який розглядається як продукт полімеризації, що містить у молекулі кілька тисяч моносахаридів. Роль крохмалів особливо зростає в умовах дефіциту високоякісного целюлозного волокна. Екологічними перевагами використання крохмалів в якості засобу, що підвищує отримання дрібних волокон макулатурної маси на сітці папероробної машини, пов'язанні з природним характером самих крохмалів.

Для підвищення утримування крохмалю додають синтетичні полімери, або замість звичайного крохмалю використовують модифіковані крохмалі. Такий підхід дає змогу підвищити утримання крохмалю на волокні паперового полотна в процесі випуску паперової маси на сітку папероробної машини, відповідно, і під час пресування та сушіння паперового полотна. Таким чином є можливість зменшити ступінь забруднення підсіткових вод, а саме: насичення їх дрібним волокном.

В композиції макулатурної маси можуть застосовуватись не видозмінений крохмаль, модифікований крохмаль, крохмалофосфати, діефіри крохмалю та ацетати крохмалю з низьким ступенем заміщення.

Звичайний не модифікований крохмаль використовується дуже рідко через свою погану розчинність. Крохмальна дисперсія в холодній воді не має зв'язуючої сили. Клейкість крохмалю пов'язана належним чином з температурою желатинування, яка є параметром, залежним від рослини, з якої крохмаль виготовлений. Крохмальна паста, отримана з не видозміненого крохмалю, має порівняно високу в'язкість за дуже низької концентрації щільних частинок. Іншим недоліком є те, що крохмаль не є спорідненим до волокон целюлози, що заряджені негативно. Це погіршує утримання крохмалю в процесі формування паперового полотна. Для усунення цих недоліків до крохмалю застосовують модифікації.

В процесі модифікації відбувається гідроліз (розрив) глікозидних зв'язків, внаслідок чого зменшується молекулярна маса полісахаридів крохмалю і зменшується в'язкість його дисперсій. Особливу увагу слід приділити катіонним модифікованим крохмалю, що, можливо, є найсвоєріднішим класом похідних крохмалю, які недавно набули широкого розповсюдження. Їх

велика шкала промислової важливості полягає в їх спорідненості по відношенню до негативно заряджених молекул целюлози. Таким чином, в розчині крохмалю 'прилипає' до волокон, що сприяє підвищенню утримування його на полотні та, відповідно, фізико-механічних властивостей паперу або картону.

В ході проведення літературного пошуку відібрано фактори, визначено рівні їх варіювання та розроблено матрицю експерименту, використовуючи критерії інформативності та шумозахищеності [4]. Матриця містить 21 експериментальну точку.

В якості змінних величин використано 6 факторів, чотири з яких змінюються за планом на 4 рівнях, а саме: градус млива маси (X_1); наявність проклеювання (X_2); ступінь заміщення клею (X_3); витрата клею (X_4), точка введення клею (X_5). В якості шостого фактора виступає маса 1 м² зразків паперу. Як показує досвід проведення такого плану досліджень, в ході експериментів зафіксувати масу відливка на певному рівні не вдається, тому планується вплив цього фактора зафіксувати у процесі дослідження математичних моделей, які будуть розроблені в процесі оброблення результатів експериментальних даних.

Для проклеювання маси використовували пшеничний крохмальний клей за концентрації 3 %, який готували загальноприйнятим способом.

З витратою приготовленого модифікованого крохмального клею 0,8-1,05-1,55-1,8% та різним ступенем модифікації (0,037-0,045-0,053) виготовляли відливки паперу з додаванням клею під час відливання.

Виготовлені відливки піддавалися фізико-механічним випробуванням, з метою визначення впливу дози крохмального клею та ступеня заміщення на міцнісні показники паперу.

Після проведення випробувань отриманих зразків паперу для гофрування розроблено математичні залежності за такими показниками якості, як:

- опір плоскостному стисненню, Н, (Y_1);
- абс.опір продавлюванню, кПа, (Y_2);
- питомий опір розриванню в маш.напрямку, кН\м, (Y_3);
- опір торцевому стисненню, кН\м, (Y_4);
- поверхнева вбирність води, г, Кобб₃₀, (Y_5).

На етапі розробки математичних моделей використано методологію самоорганізації складних систем, а саме: використання комп'ютера та метода групового урахування аргументів (МГУА) [4].

а) математична модель за показником опору плоскостному стисненню, Н

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_1 = 97,67 + 1,22 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_6^3 - 0,20 \cdot X_1 \cdot \cos(X_4) \cdot X_5 + 1,79 \cdot 10^{-6} \cdot \operatorname{tg}(X_1) \cdot X_6 - 7,58 \cdot \operatorname{tg}^3(X_3) \cdot \cos(X_6) - 7,65 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot \cos(X_2)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,05%.

б) математична модель за показником абсолютного опору продавлюванню, кПа.

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_2 = 240,86 + 2,4 \cdot 10^{-6} \cdot X_1^2 \cdot X_6^2 + 7,95 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_2) \cdot \cos(X_5) \cdot \cos(X_6) \cdot \sin(X_6) - 1,10 \cdot 10^{-2} \cdot \cos(X_4) \cdot X_1^2 + 1,18 \cdot 10^1 \cdot X_4^2 \cdot \cos(X_4) \cdot \operatorname{tg}(X_5) - 1,17 \cdot \operatorname{tg}(X_1) \cdot \sin(X_6) \cdot \cos(X_2)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 6,15%.

в) математична модель за показником питомого опору розриванню в машинному напрямку, кН\м

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_3 = 2,55 + 3,02 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_6^2 + 3,0 \cdot 10^{-2} \cdot \sin(X_1) \cdot \operatorname{tg}^2(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_5) - 1,07 \cdot \cos(X_5) \cdot \cos^2(X_6) \cdot \sin(X_6) + 7,75 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 \cdot \cos^2(X_1) \cdot \sin(X_5) - 1,68 \cdot 10^1 \cdot X_3 \cdot \sin^2(X_6) \cdot \cos(X_6)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 4,36 %.

г) математична модель за показником опору торцевому стисненню, кН\м

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_4 = -1,37 + 2,63 \cdot 10^{-2} \cdot X_6 - 3,1 \cdot 10^{-1} \cdot \cos(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_5) \cdot \cos^2(X_6) + 6,22 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(X_1) \cdot X_2 - 1,74 \cdot \sin^2(X_1) \cdot \cos^2(X_1) - 6,85 \cdot \sin(X_1) \cdot \cos^2(X_1) \cdot \cos(X_4)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 8,78 %.

д) математична модель за показником поверхневої вбирності води Кобб₃₀, г

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_5 = 133,42 + 6,11 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_4) \cdot \cos(X_5) \cdot X_6 + \\ + 2,82 \cdot \cos(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_4) \cdot X_3 \cdot \operatorname{tg}(X_6) + 3,42 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot X_4 \cdot X_6^2 - \\ - 3,25 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_4) \cdot \cos^2(X_5) \cdot \cos(X_6) + 1,69 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot \sin(X_4) \cdot X_6^2$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 2,25 %.

Аналіз розроблених математичних моделей дозволяє зробити висновок, що всі створені математичні моделі логічні, мають мінімальні похибки і тому дають можливість моделювати ситуацію в тих точках факторного простору, де експеримент фізично не проводився, та отримувати цінну інформацію стосовно вкладу кожного із досліджуваних факторів на процес.

На попередньому етапі даної дослідницької роботи було поставлено завдання, а саме: з метою забезпечення високого комплексу фізико-механічних показників вирішити питання оптимального градуса млива, за якого зберігаються найкращі паперотворні властивості волокон макулатурної маси.

Аналіз отриманих результатів випробувань показали, що відслідкувати закономірності впливу градуса млива маси на міцнісні характеристики зразків паперу неможливо, тому що в процесі експериментальних досліджень, як і очікувалося, не вдалося втримати масу (і, відповідно, товщину відливок) на заданому рівні: маса коливається в межах від 103,1÷137,9 г/м². Оптимальною масою зразків паперу в процесі моделювання визначено 125 г. Це значення було зафіксовано на даному рівні для можливості визначення впливу інших чотирьох факторів.

Оптимальним ступінь млива макулатурного волокна для макулатури марки МС-5Б можна вважати, за умови введення клею на стадії розмелювання, в межах 55°ШР. Це стосується таких показників якості, як опір плоскостному стисненню та абсолютний опір продавлюванню. За показником же питомого опору розриву та опору торцевому стисненню оптимальним значенням показника градуса млива можна вважати 60 °ШР, за якого досягається максимальна величина указаних показників.

Наступним етапом НДР заплановано дослідження впливу ступеня заміщення крохмального клею на показники міцності зразків паперу для гофрування.

Додаткові експериментальні дослідження необхідно також проводити з використанням засобів обчислювальної техніки на базі математичних моделей, а результати цих досліджень надати діаграм.

Базуючись на отриманих результатах досліджень, можливо побудувати графічні залежності та прослідкувати, наприклад, вплив ступеня заміщення крохмального клею та його дози на показники міцності паперово-картонної продукції за різного градуса млива маси.

Таким чином, в процесі виконання дослідницької роботи проведена серія експериментів за використання в якості зміцнювального агента пшеничного крохмалю. З метою скорочення кількості дослідів та підвищення інформативності експерименту попередньо було розроблено матрицю експериментальних досліджень за використання критеріїв інформативності та шумостійкості [4]. За результатами експериментальних досліджень розроблено математичні моделі [4], дослідження яких дають можливість експериментатору відслідкувати всі процеси, що відбуваються за використання пшеничного крохмалю, та підібрати оптимальні його дози в процесі виготовлення певного виду паперу із заданими фізико-механічними властивостями.

Література:

1. *Примаков С.П., Барбаш В.А.* Технологія паперу і картону: Навчальний посібник для ВУЗів –Київ. ЕКМО - 2008. - 396 с.
2. *Іванов С.Н.* Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 2006. – 696 с.
3. Обзорная информация. Применение крахмального клея в производстве тарного картона. Целлюлоза, бумага и картон. – М.:ВНИИПИЭИ леспром. – 1985.-№10.-с.36—45.
4. *Плосконос В.Г.* Використання комп'ютерних технологій в розробці планів експериментальних досліджень складних технологічних систем виробництва паперу та картону//Міжнародний наукометричний журнал "Інтернаука".- 2018.- № 21(61), т.3, с.50-54. DOI: 10.25313/2520-2057-2018-21-4428.